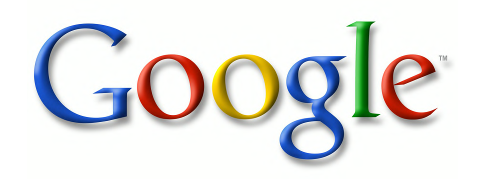
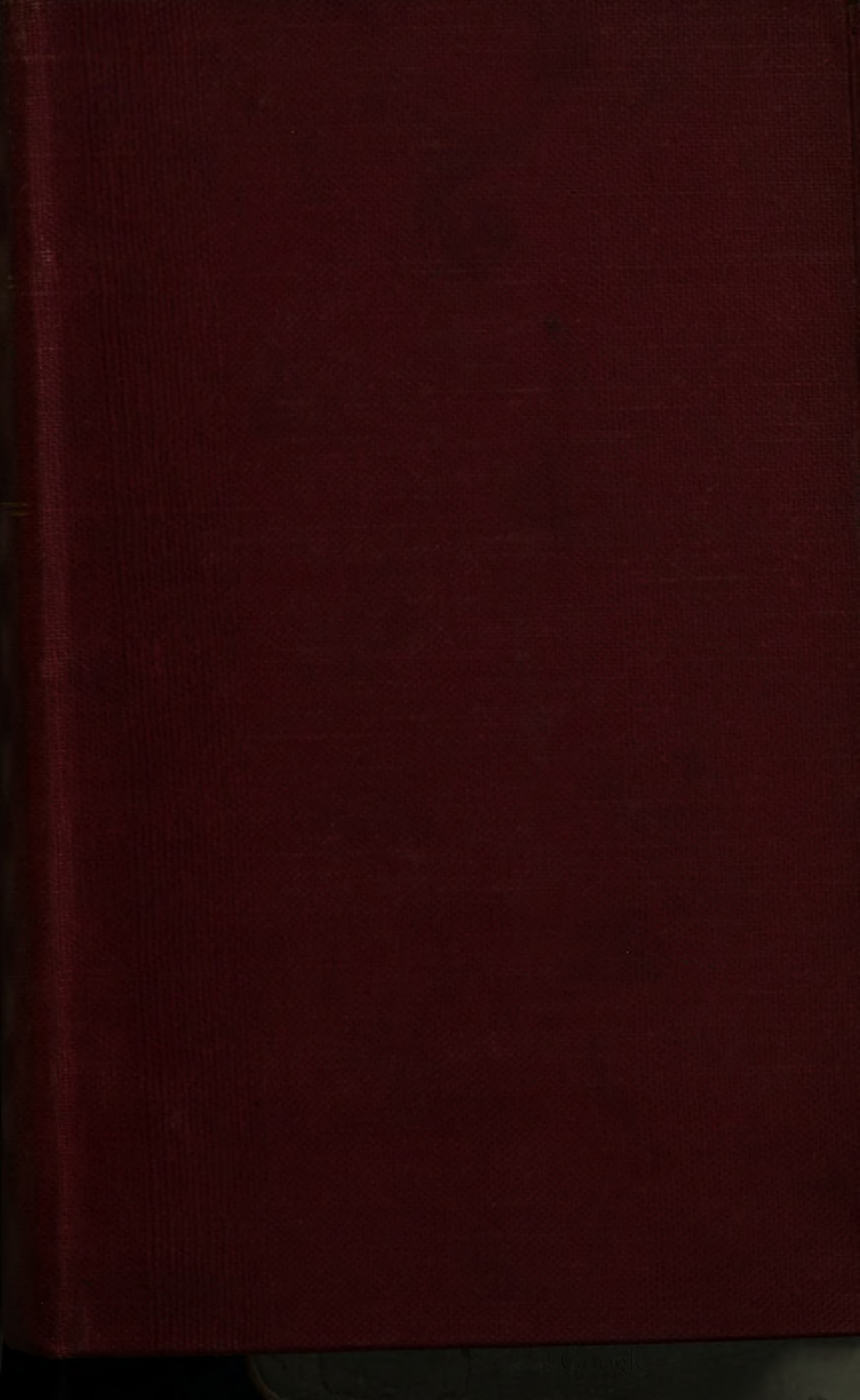
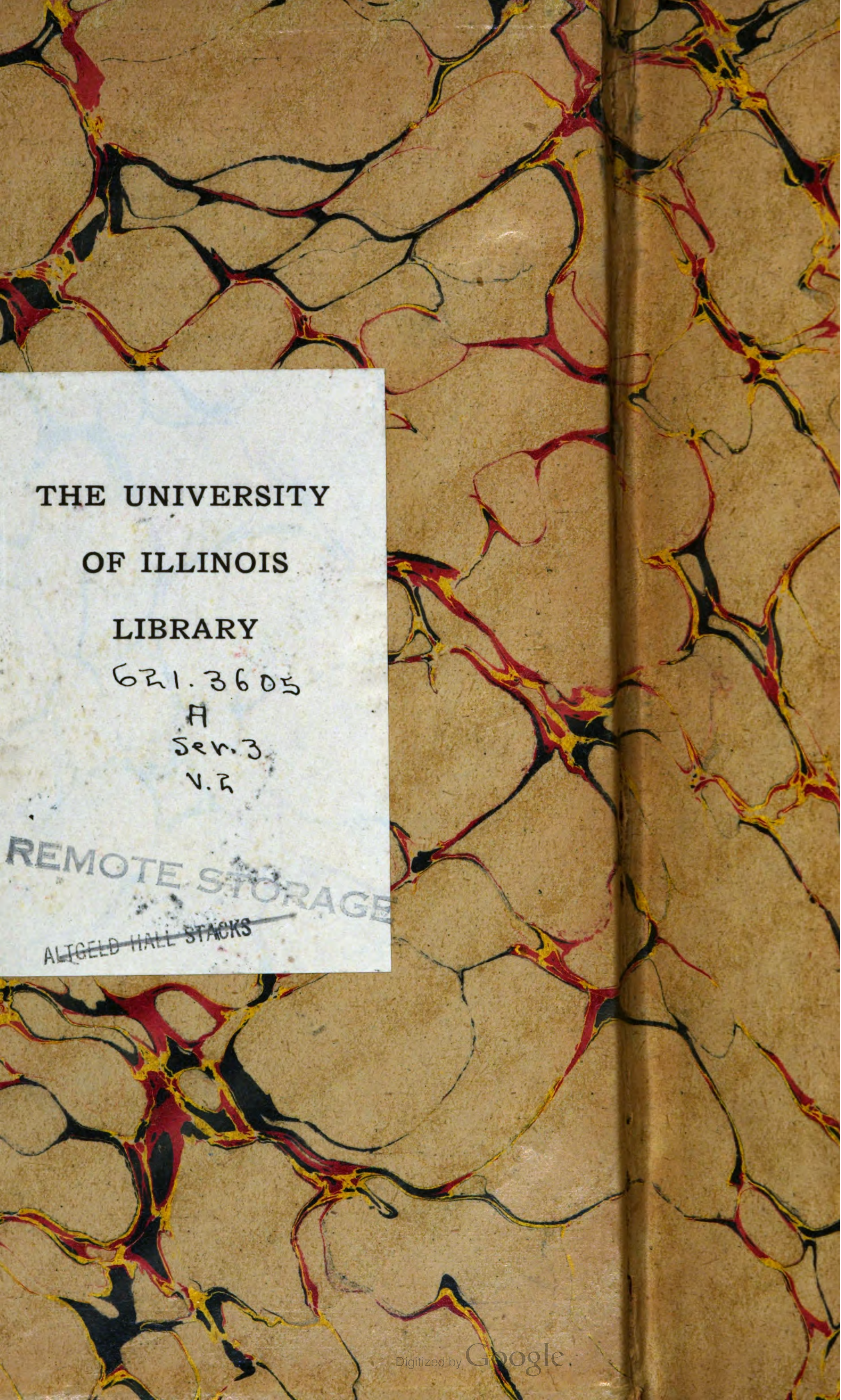

Google





THE UNIVERSITY
OF ILLINOIS
LIBRARY
621.3605
A
Ser.3
v.2
REMOTE STORAGE
ALTGELD HALL STACKS
Digitized by Google



ANNALES

TÉLÉGRAPHIQUES

Paris. — Imprimerie Arnous de Rivière et Cie, rue Racine, 26.

ANNALES
TÉLÉGRAPHIQUES

TROISIÈME SÉRIE

TOME II

Année 1875

PARIS

DUNOD, ÉDITEUR,

SUCCESSEUR DE V[or] DALMONT

Précédemment Carilian-Gœury et Victor Dalmont

LIBRAIRE DES CORPS DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES

Quai des Augustins, 49

1875

ANNALES

TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1875 **Janvier-Février**

NOTE

SUR L'EMPLOI DU FER

DANS LES CONSTRUCTIONS TÉLÉGRAPHIQUES EN FRANCE.

(Rapport fait à l'Administration par M. Morris, sous-inspecteur.)

1. L'administration mettant en balance les avantages et les inconvénients que présente l'emploi du fer comme appui télégraphique, n'a pu encore se prononcer sur la question de généralisation des poteaux métalliques dans la construction des lignes ; d'une part, en effet, les frais d'établissement sont considérables, d'autre part, les expériences faites au point de vue de la durée ne sont pas encore suffisamment concluantes. Mais loin de se désintéresser dans une étude qui est aujourd'hui partout à l'ordre du jour, elle a fait procéder à des essais de lignes ou sections de lignes sur une échelle déjà considérable ; de plus, dans un grand nombre de cas particuliers, tels

qu'entrées de lignes dans une ville, traversées de rivières ou canaux, remplacement par des lignes simples de lignes doubles ou triples, jonction de lignes aériennes et souterraines, elle a autorisé l'emploi du fer pour la construction de systèmes divers qui présentent de notables avantages au double point de vue du prix de revient et de l'application aux besoins du service.

Cette note a simplement pour but de faire connaître les divers essais auxquels il a été procédé en France et de fournir autant que possible des indications sur les prix de revient et le mode d'application de chaque système. Nous nous occuperons successivement des poteaux simples, poteaux de coupure ou de raccordement de lignes aériennes et souterraines, enfin des potelets métalliques.

Le fer ayant été utilisé sous forme de fonte, de tôle ou de fer laminé du commerce, nous observerons dans cette étude la même classification, bien qu'au point de vue de la date des inventions ou propositions elle n'ait aucune raison d'être.

POTEAUX SIMPLES.

Emploi de la fonte.

2. La première application du fer à la construction des appuis télégraphiques remonte presque aux débuts de la télégraphie électrique ; elle a été faite uniquement dans le but d'atténuer sur les voies publiques l'effet disgracieux des lignes ordinaires.

Les appuis de la ligne établie il y a près de vingt ans sur les boulevards de la rive gauche à Paris (voir *fig.* 1, Pl. I) étaient formés de colonnes en fonte, du même

modèle que les candélabres à gaz ; au sommet, un poignard en fer pénétrait dans un potelet en bois et ces deux parties étaient réunies par des boulons ; ce potelet était armé comme un poteau ordinaire. La colonne en fonte était creuse ; elle pénétrait à environ 0^{m},65 dans le sol et y était consolidée à l'aide d'un bout de poteau qui d'un côté s'engageait dans sa base et de l'autre pénétrait dans le sol de la longueur d'un mètre et demi environ. La durée de cet appui avait donc pour limite celle du poteau et du potelet ; la colonne en fonte n'était qu'un ornement, et l'avantage qu'aurait pu offrir l'inaltérabilité de la fonte était annulé par l'emploi simultané du bois.

Il serait évidemment possible de remédier à ces inconvénients : 1° en rejetant complétement l'emploi du bois et en noyant le soubassement de la colonne dans un massif de béton ou de maçonnerie ; 2° en remplaçant le poignard en fer et le potelet en bois par un potelet formé, par exemple, d'un fer à T ainsi qu'il est décrit à la fin de cette note (Potelets en fer, § 27).

Emploi de la fonte et du fer.

3. Au commencement de l'année 1865, l'administration* a fait construire de Paris à Saint-Germain la première ligne établie à l'aide de poteaux entièrement métalliques. Ces appuis se composent de deux parties distinctes : une colonne en fonte (*fig.* 2, Pl. I) dont la section affecte la forme d'une croix et qui sert de base, est plantée à 1 mètre de profondeur dans le sol, comme les poteaux ordinaires ; la partie supérieure de cette colonne est terminée par un cylindre de 0^{m},12 de hauteur

* Ce travail a été exécuté sous la direction de M. Baron, inspecteur divisionnaire.

et de diamètre, dans lequel vient s'engager une tige cylindrique en fer laminé, à section également en forme de croix, consolidée à l'aide de taquets en chêne dont la partie exposée à l'air a été peinte après la pose.

C'est à cette tige que sont fixées directement les consoles des isolateurs. Dans ce but, celles-ci sont terminées par une pièce en forme de V (*fig.* 3, Pl. I) qui embrasse l'un des bras de la croix. La console ordinaire pourrait d'ailleurs être utilisée en contournant d'environ 60° autour d'un axe vertical la partie plane qui reçoit les vis.

Dans la construction de la ligne de Saint-Germain, il a été employé 200 poteaux dont 20 d'exhaussement ; les potelets en fer laminé ont tous 2^{m},50 de longueur ; les colonnes de fonte des appuis ordinaires ont 3^{m},50 de hauteur ; celles des poteaux d'exhaussement 4^{m},50. L'espacement moyen des poteaux est de 50 mètres ; ils supportent 6 fils. Ce nombre a été porté à 9 sur une partie de la ligne et pourrait l'être à 14 en adoptant l'emploi alternatif de consoles d'inégale longueur. Les colonnes en fonte ont été fournies par M. Roussel, maître de forges à Orthe (Mayenne), et ont été payées, d'après marché, celles de 3^{m},50 à raison de 21 francs l'une, celles de 4^{m},50 à raison de 26 francs.

Les tiges en fer ont été fabriquées par MM. Mignon et Rouart, constructeurs à Paris, à raison de 4 fr. 25 le mètre courant, les dimensions des deux bras de la croix étant de 0^{m},070 sur 0^{m},009 d'épaisseur moyenne.

Les consoles pour isolateurs coûtent environ 2 francs (prix des boulons compris).

La ligne de Saint-Germain, construite depuis neuf ans, n'aurait encore exigé ***aucune réparation*** si les Allemands, pendant l'investissement de Paris, n'avaient brisé quelques appuis pour la mettre hors de service.

Emploi de la tôle.

4. L'administration a fait essayer aux environs de Paris un système de poteau construit par M. Desgoffe, pour lequel ce constructeur a pris un brevet d'invention. Le premier poteau, qui a été décrit dans les *Annales industrielles*, numéro du 7 juillet 1872, a déjà subi de notables modifications ; il se compose (*fig.* 4-5, Pl. I) de plusieurs tronçons qui s'emboîtent les uns dans les autres sur une longueur d'un décimètre ; chaque tronçon est formé de deux tôles repliées suivant une courbe destinée à lui donner une résistance considérable et présentant des rebords plats à l'aide desquels elles sont rivées l'une contre l'autre. Le diamètre moyen des tronçons va en diminuant de la base au sommet, le poteau présente donc une forme conique ; l'épaisseur des tôles diminue elle-même du sol à la partie supérieure, de manière à réaliser autant que possible le solide d'égale résistance. Une sorte de chapeau maintenu par deux fers courbes formant ressort préserve de la pluie l'intérieur du poteau qui est planté directement dans le sol comme un poteau en bois ordinaire ou mieux dans un massif de maçonnerie. Les isolateurs sont boulonnés sur les arêtes saillantes formées par la jonction des tôles.

Afin d'augmenter le nombre des fils tout en conservant un espacement de $0^{m},50$ et sans être obligé de donner au poteau une trop grande hauteur, M. Desgoffe fixe entre les tôles des traverses en fer plat d'environ $0^{m},85$ de long sur $0^{m},10$ de large. Ces traverses portent à chaque extrémité un isolateur. Les traverses étant espacées d'environ $0^{m},45$ permettent de placer d'autres isolateurs intermédiaires sur les nervures du poteau ainsi que l'in-

dique la *fig.* 5. Ce système présente un inconvénient : les traverses étant prises entre les tôles doivent être placées au moment de la construction ; il est donc nécessaire d'arrêter à l'avance le nombre de fils que la ligne pourra supporter dans l'avenir, et, jusqu'à ce que ce nombre soit atteint, de laisser des traverses sans emploi.

Ce premier type n'a pas paru présenter des conditions suffisantes de solidité, et son auteur lui a donné une résistance plus considérable au moins dans son plan diamétral normal à celui de la ligne, en plaçant entre les rebords des tôles (*fig.* 6, Pl. I) deux fers plats d'environ $0^{m},01$ d'épaisseur qui règnent dans toute la longueur et sur lesquels les tôles sont rivées.

Le poteau, ainsi modifié et directement planté dans le sol, a été utilisé sur la ligne d'Orléans près de Juvisy pour remplacer par une ligne unique plusieurs lignes qui occupaient les deux côtés de la voie sur une longueur d'environ 1.800 mètres. Vingt-six poteaux supportant trente-quatre fils, et de hauteur variant entre 10 et 14 mètres, ont ainsi remplacé quatre-vingt-douze poteaux en bois, et constituent une ligne unique d'un aspect satisfaisant *.

En raison de la disposition adoptée pour l'installation des fils sur les poteaux, malgré le nombre considérable des conducteurs, les plus rapprochés du sol en sont encore éloignés de 5 mètres sur les appuis de 10 mètres d'élévation plantés à $1^{m},80$ de profondeur ; l'espace occupé par les fils sur les poteaux est en effet de $3^{m},20$.

L'espacement moyen de ces poteaux est de 70 mètres, la flèche d'environ $0^{m},70$, ce qui donne au point le plus bas des fils une hauteur de $4^{m},30$ au-dessus du sol.

* Ce travail a été exécuté sous la direction de M. Lélégard, inspecteur du service de Paris-Sud.

Les fils sont arrêtés sur les isolateurs à chaque appui; il y a peut-être un inconvénient à cette disposition : les appuis et les fils sont en effet entièrement solidaires les uns des autres, et en cas d'accident survenant à un poteau, l'effet doit s'en faire sentir à tous les autres.

L'installation de cette importante section a coûté environ 6.000 francs, ce qui donne en moyenne pour chaque poteau planté et armé des fils qu'il supporte un prix de revient de 230 francs. Mais ce travail d'une nature exceptionnelle ne semble pas permettre d'en déduire un prix courant pour la construction d'une ligne dans des conditions normales. D'ailleurs une nouvelle amélioration, apportée depuis l'exécution du travail de Juvisy, modifie les conditions économiques auxquelles pourrait être effectué l'établissement d'une ligne d'une certaine longueur.

La plantation directe d'un poteau en tôle dans le sol a pour conséquence de limiter la durée de cet appui à celle de la partie plantée. Malgré toutes les précautions que l'on peut prendre pour préserver le fer de l'oxydation, il est à craindre que sa destruction ne soit relativement rapide; or, non-seulement la dépense première très-considérable pourra avoir été faite en pure perte, mais aucun moyen n'existant de contrôler l'état de la tôle à l'intérieur du sol, au bout de quelques années on sera conduit à douter de la solidité d'une ligne ainsi établie.

Pour remédier à cet inconvénient, M. Desgoffe a construit, sur les indications qui lui ont été données par M. Lélégard, une embase en fonte, formée de deux pièces coniques qui serrent la tôle à sa partie inférieure et se boulonnent l'une sur l'autre. Ce socle en fonte (*fig.* 7, Pl. I) est destiné à remplacer dans le sol la partie en tôle qui y était primitivement plantée et offre nécessairement

une garantie de durée en raison de sa nature même, à la condition toutefois que l'épaisseur de la fonte soit suffisante au point d'encastrement du poteau pour résister aux efforts qu'il a à supporter. Toutefois on peut se demander : 1° si une rupture par cisaillement ne se produira pas au point d'encastrement de la tôle dans l'embase ; 2° si la longueur de l'encastrement est suffisante ; 3° si l'eau ne parviendra pas à s'infiltrer entre la fonte et la tôle et ne détruira pas celle-ci aussi rapidement que si l'appui était planté directement, auquel cas l'embase ne servirait qu'à diminuer la solidité du système, puisque la partie encastrée dans la fonte est bien moindre que la partie plantée.

Enfin, l'inventeur de ce poteau a complété les transformations qu'il lui a fait subir en supprimant les traverses en fer et adaptant simplement aux nervures des tiges d'inégale longueur formant les consoles des isolateurs. Il est arrivé par ces transformations successives à présenter un poteau d'un poids relativement faible et qui paraît offrir des garanties de durée quel que soit le mode de plantation adopté. Un poteau de 6 mètres avec embase en fonte pouvant supporter 12 fils pèserait, d'après M. Desgoffe, 65 kilogrammes et coûterait 37f,50. Divers fournisseurs proposent aujourd'hui à l'administration de lui livrer les poteaux du système de Juvisy à raison de 50 francs les 100 kilogrammes de fer et de tôle et de 35 francs les 100 kilogrammes de fonte.

Aucune différence dans le mode de construction n'existe entre les poteaux ordinaires et les poteaux d'exhaussement ; l'épaisseur des fers employés et des tôles varie seule.

Le tableau suivant fait connaître le poids et la hauteur de quelques-uns des poteaux fournis par M. Desgoffe

et installés aux environs de Paris. Ces divers poteaux ont été plantés sans embase en fonte, directement dans le sol ou dans des massifs de maçonnerie.

NOMBRE de poteaux.	HAUTEUR.	NOMBRE de fils.	POIDS.	LOCALITÉS où se trouvent les poteaux.
	mèt.		kilogr.	
1	10,65	16	150	Ouest-Ceinture.
6	10,00	34	200	Juvisy (section de ligne de 1.800 mètres complétée par trois poteaux d'angle et de raccordement.
1	11,00	34	195	
1	11,00	34	210	
10	12,00	34	230	
1	13,00	34	300	
2	14,00	34	300	
1	11,20	22	180	Choisy-le-Roy.
2	11,20	16	190	Porte d'Orléans.
2	18,00	12	438	Toury.

La section en fer de Juvisy a été complétée par les soins de M. Lélégard à l'aide de poteaux en bois de 10 mètres auxquels a été appliqué le système de consoles alternativement longues et courtes (*fig.* 8, Pl. I). Trente-quatre fils sont ainsi installés sur un même poteau planté à 1^{m},80 de profondeur ; ils occupent un espace de 4 mètres sur le poteau et les isolateurs soutiennent les fils inférieurs à 3^{m},40 du sol au point le plus bas de la portée.

Ce système permet de remplacer avantageusement par une ligne unique une ligne double et même une ligne triple ; mais les poteaux employés doivent être convenablement choisis. Il faut, en effet, que le diamètre moyen soit assez considérable pour que les brins soient bien droits.

5. M. Papin, entrepreneur à Paris, a présenté à l'administration des poteaux en tôle et fer, formés de quatre fers cornières placés aux sommets d'un carré (*fig.* 9, Pl. I) et réunis par des pans de tôle. Le système affecte la forme

d'un tronc de pyramide et est placé directement dans le sol ou fixé à une embase en fonte de même forme. Ce poteau, sur lequel les consoles à isolateurs de l'administration ne s'adaptent pas d'une manière simple, n'a pas été expérimenté. Mais M. Papin a proposé de le modifier en employant seulement deux fers cornières (*fig.* 10, Pl. I), sur lesquels sont rivés les bords de deux tôles repliées à angle droit.

Des poteaux de toutes dimensions peuvent être construits d'après ce système; leur poids varie de 54 à 372 kilogrammes pour des hauteurs comprises entre 6 et 18 mètres. Des essais de ce type auront lieu dans la prochaine campagne.

Emploi direct des fers du commerce.

6. Les fers laminés que l'on peut se procurer dans le commerce présentent des sections de formes très-différentes. Nous avons vu dans les appuis de la ligne de Saint-Germain une application du fer à section à croix; l'emploi des fers à T, tronqués, cornières, a été également étudié et des essais ont même été réalisés.

Fers à T.

7. Dès l'année 1870, M. Oppermann, ingénieur à Paris, s'est fait bréveter pour un système de poteaux en fer à T; nous extrayons de la notice qui accompagnait la prise de brevet la description suivante :

« *Détails d'exécution.* — Le dessin joint à la présente description représente un poteau simple et un poteau multiple. (Voir *fig.* 1 à 7, Pl. II.)

« A. Le premier est un simple fer à T du commerce

planté en terre et percé de trous de vis taraudés d'avance au calibre pour la fixation des isolateurs. Les dimensions sont d'ailleurs réglementaires comme les espacements.

« B. Dans le poteau multiple, on peut supporter 80 fils au besoin (20 à 30 au minimum) au moyen des traverses en fer cornière figurées en *ab*, *a'b'*, etc.

« Ces traverses peuvent s'assembler de différentes manières, soit sur le plat du fer à T, soit sur la nervure.

« On peut aussi employer de simples barres de fer méplat, avec ou sans jambe de force.

« Enfin, le pied du poteau est renforcé au besoin par une contre-fiche IKL également en fer à T.

« L'extrémité inférieure est munie de deux ou trois équerres en fer méplat pour mieux en assurer l'appui sur le sol.

« Un simple moellon ou une brique posée à plat dessous peuvent remplir le même objet.

« *Prix de revient.* — Le poteau simple A, de 7 à 8 mètres de longueur, ne coûterait que 18 à 20 francs, suivant la variation du prix des fers. Le poteau multiple coûterait un peu plus, suivant le nombre des traverses et aussi parce qu'il exigera un calibre plus fort en proportion du nombre de fils qu'il devra porter. On peut l'estimer en moyenne de 25 à 28 francs tel qu'il est représenté. »

La disposition des isolateurs sur des traverses est depuis longtemps employée aussi bien en France qu'à l'étranger ; mais M. Oppermann a admis à tort la possibilité de placer au besoin 80 fils sur le même appui ; car : 1° il ne paraît pas s'être préoccupé de l'espacement qu'il est indispensable de maintenir entre les conducteurs ; 2° il n'a pas dû se rendre un compte exact des efforts

auxquels un appui ainsi chargé aurait à résister pendant une tempête. La section du fer à ⊤ devrait alors être très-considérable et il semble douteux qu'une ligne ainsi construite doive supporter plus de 20 à 25 fils sur tout son développement.

Toutefois il résulte des expériences faites par M. de la Taille, inspecteur à Orléans, qu'un appui de $5^m,50$ de hauteur planté à $1^m,20$ de profondeur s'est parfaitement comporté sous un effort de plus de 400 kilogrammes exercé en un point voisin de son sommet. Cet effort à déterminé une flèche de $0^m,18$; mais dès qu'il a cessé aucune déformation n'a persisté.

Ce poteau, planté à la gare de Vierzon, supporte 25 fils et offre une résistance considérable eu égard à sa légèreté ; il ne pèse en effet que 88 kilogrammes. La grande face du fer à ⊤ a $0^m,13$ de largeur et la nervure $0^m,09$, Des fenêtres pratiquées dans cette nervure donnent passage (*fig.* 8, Pl. II) à des tiges prismatiques en fer, boulonnées à la grande face des ⊤ et distantes les unes des autres de $0^m,40$. Les consoles des isolateurs sont fixées à ces tiges par des boulons.

Mais, après de nouveaux essais, M. de la Taille a constaté qu'il convenait dans les courbes d'orienter différemment les fers à ⊤ en plaçant la nervure normalement au plan de la ligne et non dans ce plan ; les fenêtres doivent être alors pratiquées à travers la grande face et le boulonnage doit au contraire avoir lieu sur la nervure et sur une pièce annexe ajoutée dans ce but.

A la fin de l'année 1872 les fers à ⊤ coûtaient 50 francs les 100 kilogrammes, frais d'ajustage compris ; ce prix a depuis sensiblement diminué.

Le tableau ci-joint donne le poids par mètre courant de divers modèles :

LARGEUR de la grande face.	LARGEUR de la nervure.	POIDS par mètre courant.
mèt.	mèt.	kilogr.
0,10	0,06	11
0,13	0,09	16
0,13	0,15	31
0,15	0,08	22

La plantation directe du fer dans le sol offrant des chances de destruction rapide, M. de la Taille a proposé l'emploi de blocs de béton ordinaire, déjà employés d'ailleurs à l'étranger concurremment avec les blocs de pierre. Le massif de béton est consolidé à sa partie supérieure par une frette en fer.

Depuis ces premiers essais, M. de la Taille a étudié de nouveau la question au point de vue de l'établissement des lignes à bon marché, et il pense avoir obtenu un prix de revient kilométrique inférieur à celui des constructions à l'aide des poteaux en bois, au moins pour les lignes établies le long des voies ferrées. Laissant de côté les dépenses de transport et de plantation qui seraient à peu près les mêmes qu'aujourd'hui, il a résumé dans le tableau suivant la série des prix auxquels reviendraient par kilomètre les appuis métalliques avec socles en béton pour les lignes de 3 à 26 fils, les fils les plus bas étant fixés à 3 mètres du sol :

Ligne à	3 fils,	prix par kilomètre	98 fr.
—	5	—	136
—	7	—	206
—	9	—	280
—	11	—	322
—	14	—	357
—	18	—	443
—	22	—	490
—	26	—	536

Dans la pensée de M. de la Taille, les fils doivent être arrêtés sur chaque appui; il ne semble pas y avoir dans ce cas l'inconvénient signalé § 4; car, ainsi que l'expérience l'a montré, en employant du fer de bonne qualité, un accident venant à se produire, les appuis sont simplement pliés et facilement redressés à l'aide des moufles dont se servent les surveillants; les poteaux en tôle sont au contraire mis hors de service et doivent subir une réparation d'atelier.

Fers Zorès.

8. En raison de la situation particulière des lignes qui traversent les départements de la Loire et de la Haute-Loire, l'administration a été amenée à faire étudier dans cette région la question des appuis en fer. D'une part, en effet, les lignes traversent des gorges ou franchissent les contre-forts des montagnes du Forez et des Cévennes pour éviter de nombreux tunnels, et y sont exposées à des vents violents qui leur causent tous les ans de sérieux dommages; d'autre part, la rapidité avec laquelle des poteaux plusieurs fois renforcés et remplacés se pourrissent compromet la sécurité des communications.

Les facilités offertes par les établissements métallurgiques de Saint-Étienne ont naturellement décidé l'administration à faire l'essai de poteaux en fer et à chercher à se rendre compte du prix de production en tentant une expérience sur une échelle suffisante. Au commencement de 1872, M. Loir, inspecteur à Saint-Étienne, a été chargé d'étudier les ressources locales et de proposer un type de poteau métallique. Son choix s'est d'abord porté sur les fers à croix, puis sur les fers Zorès arrondis (*fig.* 9, Pl. II) qui, réunis deux à deux, présentent sous un poids

moindre une plus grande rigidité que le fer à croix, et sont en même temps d'un prix de revient moins élevé, même en tenant compte de la dépense de fabrication de l'appui.

C'est à cette dernière forme de fer laminé que M. Loir s'est arrêté pour la construction des premiers types à créer, les fers Zorès se trouvant dans le commerce à la longueur de 7 mètres et pouvant être fabriqués à celle de 10 mètres moyennant une légère plus-value ; cette dernière considération avait une grande importance puisque, en adoptant une disposition spéciale des fils, un poteau de 10 mètres devenait un poteau d'exhaussement même pour une ligne à 20 fils, et qu'il était possible de le produire d'un seul jet.

Le poteau en fer Zorès est formé (*fig.* 10, Pl. II) de deux barres préalablement enduites de minium et réunies suivant leurs plates-bandes à l'aide de rivets espacés de $0^m,125$; le poteau est fermé à sa partie supérieure par un chapeau en tôle qui complète sa forme en reproduisant ses nervures ; la partie inférieure s'appuie sur une plaque de forte tôle à laquelle elle est réunie par un fer cornière contourné suivant sa section.

La *fig.* 11, Pl. II, indique la disposition adoptée pour l'installation des fils ; les consoles des isolateurs sont terminées par un demi-collier, de manière que deux consoles emboîtent la section du poteau et peuvent être solidement reliées par des boulons. Les tiges des consoles étant d'inégale longueur, chaque fil se trouve éloigné de ses voisins de $0^m,50$, bien que, par rapport à la hauteur du poteau, l'espacement des colliers ne soit que de $0^m,25$.

S'inspirant des précautions prises par tous les constructeurs qui emploient le fer dans les travaux qu'ils

exécutent, M. Loir n'a pas admis que les poteaux métalliques pussent être plantés directement dans le sol, et il a proposé dès le début de son étude l'emploi d'un massif de maçonnerie ou d'un bloc de béton fortement serré et consolidé à l'aide d'une frette en fer.

Un poteau planté à $1^m,10$ de profondeur, ayant $10^m,20$ de longueur, et supportant 20 fils, permet, avec la disposition adoptée, de maintenir le conducteur le plus bas à $5^m,80$ du sol.

Au point de vue de la résistance qu'il présente, un poteau ainsi construit offre une solidité et en même temps une élasticité remarquables. Sollicité dans le plan de ses nervures par une force appliquée à 8 mètres du point d'encastrement et successivement de 50, 100, 150, 200, 225 kilogrammes, la flèche au point d'attache a été de $0^m,05$, $0^m,10$, $0^m,15$, $0^m,20$, $0^m,22$, c'est-à-dire qu'elle est mesurée en centimètres par le $1/10^e$ de la valeur de la force exprimée en kilogrammes.

M. Loir n'a pas réalisé la même expérience en exerçant une traction dans un autre plan diamétral; mais il a constaté que le poids de deux surveillants travaillant sur une échelle de 8 mètres appuyée sur une des faces latérales par rapport aux nervures ne produisait au sommet qu'une flèche de $0^m,20$. Dans ces diverses expériences, toute déformation a cessé avec l'effort exercé.

Un poteau de $10^m,30$ construit avec des fers Zorès tronqués pesant 8 kilogrammes le mètre courant, soit 160 kilogrammes, est revenu à environ 95 francs, dont 70 francs de matière première et 25 francs de fabrication.

Les colliers à grandes tiges pèsent 6 kilogrammes, ceux à petites tiges 4 kilogrammes; 20 fils exigent 5 colliers de chaque espèce, soit 50 kilogrammes de fer correspon-

dant à une dépense de 52f,50, à raison de 105 francs le quintal métrique.

Les frais de peinture, de plantation et de maçonnerie s'élèvent à environ 20 francs.

Un poteau en fer Zorès de 10m,30 supportant 20 fils revient donc tout installé à 167f,50; un poteau de 8 mètres supportant 12 fils reviendrait à 110 francs.

Ces prix seraient notablement diminués si le prix du fer redescendait au taux auquel on pouvait se le procurer avant 1872.

En raison de leur solidité, ces poteaux pourraient être placés sur une ligne à l'espacement normal de 70 mètres.

Une nouvelle étude faite sur place aux usines de Franche-Comté a conduit M. Loir à proposer l'emploi de fers Zorès, dont la section est une sorte de V présentant une face plane au lieu d'une pointe (*fig.* 12, Pl. II). Cette forme se prête mieux que la première employée par lui à des moyens de consolidation propres à en faire des appuis renforcés. En réunissant les plates-bandes par les traverses des isolateurs et au-dessous des fils par des traverses spéciales (*fig.* 13, Pl. II), il est évident que l'on constitue un solide extrêmement résistant dans tous les sens. Cette forme présente en outre le grand avantage de permettre le contrôle du fer et son entretien à la peinture sur toutes ses faces. Ce système constituerait donc dans de bonnes conditions un poteau pour construction courante. Deux fers semblables réunis par leurs plates-bandes présenteraient une très-grande résistance, et pourraient être avantageusement employés comme poteau d'angle.

Fers cornières.

9. Par suite de modifications à apporter aux lignes dans la traversée de la gare de Saint-Étienne, M. Loir a été conduit à une nouvelle étude de poteau simple ; il a eu l'occasion d'utiliser les fers cornières pour l'installation d'un potelet (voir § 28), et, des éléments que lui a fournis ce travail, il a déduit la possibilité d'obtenir à l'aide de ces fers un poteau de construction courante. Deux fers cornières rectangulaires de $0^m,07$ de largeur sur $0^m,0085$ d'épaisseur et de 6 mètres de longueur seraient dressés parallèlement (*fig.* 14, Pl. II) à environ 15 centimètres l'un de l'autre et reliés à $1^m,25$ du sol par deux entretoises en fer plat formant la croix. Le système d'espacement des conducteurs, décrit à l'emploi des fers Zorès, serait appliqué à ce poteau à l'aide de traverses boulonnées sur les cornières ; les petites traverses pourraient même être supprimées et remplacées par de simples consoles ordinaires. Le prix de revient d'un semblable poteau supportant 20 fils serait d'environ 120 francs, tout installé avec ses traverses ; il est, en raison de son peu d'élévation, principalement applicable à une ligne établie le long d'une voie ferrée ; les derniers fils se trouvent encore au point le plus bas à 2 mètres au-dessus du sol.

Ainsi qu'il sera dit au § 18, il se prête à une transformation facile en poteau d'angle.

Types divers.

10. Le service de la Seine a fait placer sur la ligne des fortifications de Paris deux poteaux en fer d'une fabrication spéciale, construits d'après les indications de M. Le-

masson, chef de station (*fig.* 1, 2, 3, Pl. III). L'un d'eux a 7 mètres de hauteur ; quatre fers cornières écartés à la base, parallèles sur une longueur d'un mètre, puis inclinés de façon à former les arêtes d'une pyramide de 3 mètres de hauteur, se réunissent ensuite pour constituer la partie supérieure qui reçoit les isolateurs. Les tiges des consoles sont boulonnées sur des plaques insérées entre les cornières et rivées avec elles ; ces tiges sont de divers modèles ainsi que l'indique la *fig.* 1, Pl. III. A la base et à 1 mètre de la base, quatre fers cornières, boulonnés aux arêtes du poteau, maintiennent leur écartement. A une hauteur de 2^{m},80, un cercle en fer relie intérieurement quatre entretoises boulonnées elles-mêmes aux quatre cornières. Enfin, près de leur point de jonction, les arêtes de la pyramide sont encore reliées par deux équerres en fer cornière.

En raison de l'assiette considérable que lui donne la largeur de sa base, ce poteau n'a été planté qu'à une profondeur de 1 mètre en pleine terre, et repose sur une simple assise formée de quelques pierres et de ciment. Il est armé de 14 fils et peut en recevoir 16.

Ce poteau, frais de main-d'œuvre compris, a été payé à raison de 60 francs les 100 kilogrammes ; les supports doubles reviennent à 3^{f},50, les simples à 2 francs en moyenne.

Poteau pesant 180 kilogr.	108 fr.
Consoles doubles 8.	28
Plantation, etc..	10
	146 fr.

11. Le second poteau, en fers à V reliés par des croisillons cintrés (*fig.* 4, 5, 6, Pl. III), a été également construit d'après les indications de M. Lemasson ; il consiste en deux fers à V de 7 mètres de long, inclinés l'un vers l'au-

tre, l'arête en dehors, écartés de $0^{m},70$ à la base jusqu'à 1 mètre de hauteur, et se réunissant à $4^{m},50$ du pied. Deux ferrures spéciales boulonnées sur ces fers les assujettissent à leur point de réunion; les deux fers, redressés et maintenus l'un contre l'autre à l'aide de colliers destinés à recevoir en même temps les consoles des isolateurs, forment la partie supérieure de l'appui. A partir du coude inférieur des fers jusqu'au point de raccordement, des bandes de fer de $0^{m},32$ de large sur $0^{m},0045$ d'épaisseur, formant des portions d'hélice espacées de $0^{m},50$, sont rivées aux faces extérieures des V et entre elles à leurs points de croisement. L'ensemble rappelle la forme d'un cône à section elliptique,

A la base et à 1 mètre de la base, des bandes de fer, plus fortes que les précédentes, relient les deux fers à V et forment une sorte de collier. Deux autres bandes, disposées en croix entre les deux colliers et de courbure semblable, relient encore les deux fers à V; enfin, de chaque côté du poteau, entre les arêtes de la base et parallèlement à elles, deux fers plats se rivent aux colliers, aux deux bandes croisées et à la première spirale, achevant ainsi d'assurer la solidité du système.

Ce poteau a été planté au sommet d'un angle sur les fortifications de Paris, dans les mêmes conditions que le précédent. Il est armé de 14 fils et peut en recevoir 16.

Le fer à V a $0^{m},06$ de face et $0^{m},007$ d'épaisseur.

Le poteau, *sans les consoles*, pèse 100 kilogrammes et revient à 58 francs.

Quatre poteaux de même nature pesant chacun 130 kilogrammes ont été installés à la traversée de la Seine sur la ligne de Saint-Germain pour supporter de grandes portées de 6 et 9 fils.

Chaque poteau tout installé pouvant recevoir 16 fils revient à environ 125 francs.

Les deux types qui viennent d'être décrits, employés dans une construction courante, donneraient pour 16 fils une hauteur minimum de 3^{m},30 au-dessus du sol au point le plus bas de la portée.

12. L'administration a fait essayer en 1872, sur la ligne de Paris à Orsay, deux poteaux construits à Manchester par la *Riband-post patent Company* (*fig.* 7, Pl. III). Ces poteaux, destinés à supporter 8 fils, mais qui jusqu'ici en supportent 4 seulement, ont 9 mètres de hauteur environ et sont à embase de fonte. Le fût est formé de fers plats contournés en hélice et réunis à l'aide de deux fers qui règnent sur toute la longueur ; à chaque point de croisement des hélices, les fers sont rivés l'un à l'autre. Ce poteau d'aspect élégant coûte environ 7^{f},50 le mètre et revient par conséquent à 67^{f},50, prix auquel il faut ajouter celui des consoles supportant les isolateurs ; il présente l'avantage de n'offrir qu'une faible prise au vent et de rendre l'emploi d'échelles ou d'échelons inutile pour les surveillants. Sa rigidité et en même temps son élasticité sont considérables.

Poteaux d'exhaussement.

13. Parmi les poteaux examinés jusqu'ici, ceux en tôle et les poteaux anglais sont les seuls qui puissent être construits de toute dimension ; ainsi la section de Juvisy comporte un appui de 13 mètres et un autre de 14 mètres pesant chacun 300 kilogrammes ; à Toury, un poteau de 18 mètres supporte 12 fils et pèse 438 kilogrammes.

14. M. Oppermann a établi un poteau d'exhaussement

à l'aide de fers à T et de fers plats (Pl. 4). Cet appui, de 18 mètres de hauteur, a été utilisé à Château-Thierry pour la traversée de la Marne, afin de mettre la ligne comportant 5 fils à l'abri de l'atteinte des mâts de bateaux. Deux fers à T juxtaposés suivant leur grande face constituent la partie principale du poteau ; à partir de 5 mètres du sommet et sur une longueur de 6 mètres, quatre fers plats viennent renforcer la tige médiane en formant autour d'elle les arêtes d'un tronc de pyramide à base carrée et s'élevant de B en C. Ces arêtes sont reliées de distance en distance par des entretoises en fer coudé.

De B en A, des fers à T, alternant avec des fers plats, forment les arêtes d'un solide à section octogonale dont la base est à $0^{m},20$ au-dessous du niveau du sol. La partie inférieure dont la disposition est indiquée par la *fig.* 2, Pl. IV, a $1^{m},80$ de hauteur, ce qui porte à 2 mètres la longueur de la partie enterrée.

Les *fig.* 3 et 4, Pl. IV, indiquent les dispositions analogues et simplifiées qui ont été adoptées par M. Oppermann pour la construction de cinq poteaux de 10 mètres et de quatre de 8, utilisés pour la ligne des écluses dans la traversée de Château-Thierry.

Les poteaux de M. Oppermann ont été livrés par ce constructeur à raison de $0^{f},65$ le kilogramme, ce qui porte leur prix à :

Poteau de 18 mètres (1.147 kilogr.).	$873^{f},45$
Poteau de 10 mètres (206 kilogr.).	$133^{f},90$
Poteau de 8 mètres (122 kilogr.).	$79^{f},30$

Il faut ajouter à ces sommes les frais de transport, de peinture, de maçonnerie, de déblai, etc..., qui s'élèvent :

Pour un poteau de 18 mètres, à.	$479^{f},00$
Pour un poteau de 10 mètres, à.	$43^{f},20$
Pour un poteau de 8 mètres, à.	$28^{f},15$

Enfin, le prix des consoles des isolateurs n'est pas compris dans cette évaluation.

Poteaux d'angle.

15. L'étude que nous avons faite jusqu'ici n'a porté que sur les poteaux à employer en ligne droite ; mais un système d'appui pour ligne télégraphique n'est évidemment complet que du moment où il se prête à la constitution d'un appui renforcé de manière à résister à un effort continu comme la résultante de la traction des fils au sommet d'un angle. Tout type d'appui en fer pouvant être construit dans des dimensions de section presque indéfinies, pourrait évidemment être considéré lui-même comme poteau d'angle ; mais l'effort continu n'ayant lieu que dans une direction déterminée, il semble plus naturel, pour ne pas employer un excédant de matière, de ne renforcer le type employé en ligne droite qu'en vue de la résistance à opposer à cet effort.

Parmi les types que nous venons de passer en revue, les poteaux construits par MM. Desgoffe et Oppermann, le type présenté par M. de la Taille et celui que M. Loir a proposé en dernier lieu se prêtent particulièrement à la constitution d'un poteau d'angle.

16. Après avoir essayé de divers moyens de consolidation tels que tirants ou jambes de force, M. Desgoffe s'est arrêté à l'emploi d'une nervure saillante en dehors des tôles (*fig.* 8, Pl. III) qui s'oppose à la flexion de l'appui par sa rigidité. Le poids de cette nervure de forme conique est de 200 à 300 kilogrammes. Ce poids entre comme élément important de consolidation ; car, si le poteau résiste à un effort de flexion, cet effort tend à le renverser et à déplacer les terres ou le massif de maçon-

nerie qui le consolide au pied. L'effet produit serait un mouvement de rotation, dans le plan vertical passant par la nervure, autour d'un certain axe CD; la nervure, agissant par sa masse, maintient le poteau vertical.

Afin de mettre en harmonie, dans le dernier système qu'il a proposé, le poteau d'angle et le poteau de ligne droite, et également dans le but de rendre facile dans tous les cas l'emploi des embases en fonte, M. Desgoffe a remplacé la nervure saillante par une lame unique régnant entre les tôles dans toute la largeur du poteau (*fig.* 9, Pl. III) ; il est évident que cette disposition fait perdre une partie des avantages présentés par la nervure saillante, car si la rigidité de l'appui est suffisante, rien ne s'oppose plus à l'effort au renversement.

17. La *fig.* 5, Pl. II, et la description jointe à la prise de brevet de M. Oppermann indiquent suffisamment le moyen de consolidation qu'il propose pour certains poteaux; toutefois, en raison de l'orientation des traverses par rapport au fer servant de jambe de force, ce type ne pourrait servir de poteau d'angle; mais rien ne s'oppose à l'installation d'une jambe de force s'appuyant sur la nervure du fer à T et placée dans le plan des traverses, (*fig.* 10, Pl. III).

Eu égard au bon marché des fers qu'il emploie, M. de la Taille estime qu'il est plus simple de placer au sommet des angles des fers d'une section calculée en raison de l'effort que l'appui doit supporter.

18. Le système des fers cornières proposé par M. Loir se prête très-facilement à la constitution d'un poteau d'angle; il suffit en effet d'incliner (*fig.* 11, Pl. III) le fer placé à l'intérieur de l'angle et de donner au système un peu plus d'écartement à sa partie inférieure pour obtenir toute la résistance nécessaire.

Enfin M. Loir a indiqué les fers Zorès tronqués proposés pour la création du dernier type qu'il a étudié, comme pouvant servir à l'établissement d'un appui extrêmement résistant, destiné à remplacer les poteaux triples en bois.

Trois fers Zorès à V sont inclinés l'un vers l'autre de manière à constituer les arêtes d'une pyramide et sont maintenus dans cette position par trois colliers hexagonaux sur lesquels les plates-bandes sont rivées; la partie supérieure est formée de trois nouveaux fers s'emboîtant sur les premiers et se relevant verticalement; on obtiendrait ainsi un poteau d'angle et en même temps d'exhaussement d'une grande résistance, dont l'apparence rappellerait celle du poteau de 18 mètres construit par M. Oppermann.

Poteaux mixtes.

19. Cette étude sommaire des poteaux en fer qui ont été essayés par l'administration française ou dont les types lui ont été proposés ne serait pas complète, si nous ne disions quelques mots des poteaux mixtes à fût en bois et embase métallique dont la réalisation, si elle était pratique, amènerait peut-être une durée plus considérable des appuis en bois en évitant leur plantation dans le sol. Malheureusement, les propositions adressées jusqu'à ce jour à l'administration présentent toutes de sérieux inconvénients. 1° Pour obtenir une solidité suffisante, l'encastremeut du fût doit avoir lieu sur une longueur assez grande et au-dessus du sol afin d'assurer l'écoulement de l'eau; or, si l'embase est en fer, elle sera coûteuse et exigera une plantation dans un massif de béton ou de maçonnerie; si l'embase est en fonte, il faudra lui donner une épaisseur très-considérable, car

la fonte est cassante et l'on ne peut nullement compter qu'elle résistera à des efforts de renversement dans la partie où elle ne sera pas soutenue par les terres, surtout si l'on remarque que ces efforts s'exerceront à l'intérieur d'un cylindre. 2° Les socles devant avoir une durée supérieure à celle des fûts, il faut prévoir le remplacement de ces derniers, et rien de réellement pratique dans ce sens n'a encore été présenté; car, d'une part, le même socle doit servir à des brins dont le diamètre est nécessairement variable; d'autre part, le mode de fixation ne paraît pas facile à réaliser.

MM. Berteaux, surveillant à Nevers, et Vincent, surveillant à Moulins, sont les auteurs de deux socles métalliques bien étudiés, mais qui, en raison des difficultés signalées, n'ont pas été réalisés.

Si l'on entrait d'ailleurs dans cette voie, il serait plus simple de généraliser un mode de plantation infiniment moins coûteux, proposé par M. Ailhaud, inspecteur général; ce procédé consiste à planter en terre des socles en ciment et gravier renforcés à leur partie supérieure par un bourrelet ou une frette. Ces socles, longs de $1^m,50$ environ, sont remplis de sable, très-perméable à l'eau, jusqu'à une hauteur de $0^m,60$; le poteau en bois repose sur ce sable et est maintenu vertical à l'aide de taquets. Un socle en ciment coûterait de 4 à 5 francs dans une fabrication courante; les fûts métalliques, au contraire, seront toujours d'un prix très-élevé.

POTEAUX DE RACCORDEMENT ET DE COUPURE.

20. L'emploi de poteaux creux a naturellement fait naître l'idée de les utiliser comme poteaux de raccordement des fils aériens avec les conducteurs des lignes sou-

terraines. Plusieurs systèmes de poteaux métalliques se prêtent à la réalisation de cette idée ; de plus, en y adjoignant une boîte de coupure, ils rendent facile la vérification des lignes aux points où elle doit avoir lieu.

21. *Poteaux de raccordement et de coupure de M. Desgoffe.* — Les tôles employées par M. Desgoffe pour la construction des poteaux de raccordement (*fig.* 1, Pl. V) forment par leur réunion un solide à section hexagonale avec arête saillante. Une nervure conique, décrite § 16, agit comme contre-poids à la tension des fils. Les câbles venant de la ligne souterraine pénètrent dans le poteau au-dessous du niveau du sol et les fils recouverts en sortent par un tube recourbé, à travers la face contiguë à la nervure supportant les isolateurs-arrêts ; la réunion des conductenrs a lieu auprès de ces arrêts. La face antérieure du poteau est percée de regards sur une longueur correspondante à l'espace occupé par les fils ; une porte en tôle les recouvre. Ce poteau porte deux rangées d'isolateurs fixés sur les deux côtés de l'arête opposée à la nervure.

Le poteau de coupure ne diffère du poteau de raccordement qu'en ce qu'étant sollicité également des deux côtés par la tension des fils, l'emploi d'une nervure conique est inutile ; les isolateurs sont alors fixés sur les deux arêtes (*fig.* 2, Pl. V). Dans la face médiane sont pratiqués les regards recouverts par une porte mobile. Une boîte de coupure est fixée sur cette face, à 1^{m},50 du sol environ ; elle a 0^{m},80 de hauteur, 0^{m},72 de largeur et 0^{m},30 de profondeur. Les conducteurs des câbles venant des deux rangées d'isolateurs descendent dans cette boîte, où ils s'épanouissent et sont reliés à l'aide de doubles bornes à contre-écrou de manière à faciliter les expériences.

Le tableau ci-dessous indique les conditions dans lesquelles ces poteaux ont été mis en usage sur différents points.

NOMBRE de poteaux.	HAUTEUR.	NOMBRE de fils.	POIDS.	NATURE de leur application.	LOCALITÉS où se trouvent les poteaux.
	mèt.		kil.		
3	9,18	20	300	Raccordement.	Asnières.
3	9,18	20	320	d°	Point-du-Jour.
1	9,18	20	270	d°	Bagnolet.
1	10,00	36	294	Boîtes à coupure.	Nevers.
3	10,00	16	280	Raccordement.	Bagnolet et bastion d'Orléans.
7	10,00	14	225	d°	Ouest Ceinture.
2	10,00	12	225	d°	Porte-de-Paris.
2	10,50	20	350	d°	Est.
3	10,50	22	420	d°	Juvisy.
2	10,50	22	425	d°	Ivry.
1	11,20	8	300	d°	Sceaux-Ceinture.
1	12,00	2	250	d°	Andrésy.
1	12,60	20	360	d°	Est.
2	25,00	6	635	d°	Andrésy.

22. Le poteau en fer Zorès à section courbe qui a été construit à Saint-Étienne se prête également à une transformation simple en poteau de coupure. Les câbles entrent dans le poteau au-dessous du niveau du sol, et leurs conducteurs viennent sortir par un tube recourbé, en porcelaine, adapté au fer Zorès à l'aide d'un manchon en tôle. Ce manchon est embouti de manière à s'appliquer exactement sur la surface courbe de l'appui auquel il est fixé par quatre vis ; une plaque de caoutchouc ferme hermétiquement le joint.

Pour préserver les câbles de l'altération que pourrait amener l'échauffement du fer sous l'action du soleil, le poteau est garni intérieurement d'une gaîne prismatique en bois, destinée à atténuer les effets du rayonnement. Mais avec un semblable poteau, la surveillance à l'inté-

rieur est presque impossible, et cependant il y a toujours à craindre les effets de la foudre sur les câbles qui descendent des fils aériens à l'intérieur du poteau.

M. Loir a donné des soins tout particuliers à l'établissement de la boîte à coupure, ayant pensé avec raison que cette partie d'un système destiné à relier des sections de fils devait être mise complétement à l'abri de l'humidité. Voici d'ailleurs quelle est la disposition d'un appareil de ce genre pour la coupure de 5 fils.

23. *Boîte de coupure.*— Une boîte en tôle d'acier (Pl. VI, *fig.* 1, 2, 3) contient dix bornes à contre-écrou pour fils de ligne, cinq dans sa partie supérieure, cinq dans sa partie inférieure; quatre autre bornes sont fixées sur les parois latérales. Deux d'entre elles sont réliées à un fil de terre, et aux deux autres aboutissent, s'il y a lieu, des fils d'expérience. Deux ouvertures sont pratiquées dans le poteau et dans le fond de la boîte pour permettre l'entrée des câbles dans chacune des deux parties de l'appareil.

Le contour de la face antérieure de la boîte est garni d'un fer à coulisse en U, et les portes sont munies d'un rebord saillant, recouvert d'une bande de cuir gras qui, pressée dans la coulisse en U, assure la fermeture hermétique de l'appareil.

24. M. Loir a réalisé dans un potelet installé à Montbrison, et dont un second spécimen va servir à l'entrée des fils au bureau de Belfort, son idée d'utilisation des fers Zorès à section à V. Nous donnons plus loin la description de ce potelet.

Le service de la Seine a employé à Neuilly, à la jonction de la ligne à six fils des écluses avec une ligne souterraine, un poteau dont M. Lemasson a dirigé la construction. Ce poteau, formé d'un fer Zorès tronqué, est consolidé à l'aide de jambes de force en fer cornière bou-

lonnées sur les plates-bandes (*fig.* 3, Pl. V). L'ouverture du fer est fermée dans toute la longueur par une série de portes en tôle munies sur leurs bords de cuirs gras ayant pour but de rendre l'intérieur étanche. Les câbles pénètrent dans le poteau par la base et viennent se relier aux fils aériens comme dans les systèmes précédemment décrits ; mais, en raison de la conformation particulière du fer, il est possible d'installer intérieurement et immédiatement au-dessous du point où se soude le tube recourbé, un paratonnerre Bertsch, modèle réduit, qui protége le câble aussi bien dans la longueur du poteau que dans sa partie souterraine (*fig.* 4, Pl. V). Il suffit de peindre en blanc l'intérieur du poteau pour rendre facile à la vue la vérification des pointes du paratonnerre. M. Lemasson a employé dans ce but, d'abord une lame de verre formant glace et placée contre la base du V. Depuis, la face postérieure du paratonnerre, au lieu d'être en verre simple, a été garnie d'une glace.

Les portes sont maintenues fermées à l'aide d'une sorte de loqueteau que l'on peut faire fonctionner de l'extérieur au moyen d'une clef à carré.

Le poteau de jonction de Neuilly pèse 350 killogrammes et a été payé à raison de 60 francs le quintal métrique après sa fabrication. Il a donc coûté 210 francs. Sa hauteur est de 7 mètres, et, en raison de la largeur de sa base, il n'est planté qu'à 1 mètre de profondeur. Cet appui aurait pu et devra à l'avenir être construit plus légèrement ; il sera, en conséquence, obtenu à de meilleures conditions de prix.

Il existe dans le commerce des fers Zorès tronqués de plus grande ouverture (*fig.* 5, Pl. V) dont la base a $0^{m},09$ de large et qui ne pèsent que 19 kilogrammes par mètre courant. Cette forme de fer s'appliquerait

évidemment mieux que les fers employés jusqu'ici à l'établissement de poteaux de jonction.

Quant au mode de fermeture des portes, le système adopté par M. Loir et décrit § 28 paraît devoir donner de très-bons résultats.

POTELETS MÉTALLIQUES.

25. Le remplacement du bois par le fer dans les potelets a été depuis longtemps déjà l'objet de diverses études.

Dès 1863, l'administration commandait à MM. Mirio et Glachant, rue de Buffault, 26, à Paris, des tubes en fer étiré destinés à la confection de potelets. Cette commande a été renouvelée plusieurs fois, notamment à l'occasion de potelets à installer le long de ponts métalliques; l'application la plus importante de ces fers est celle qui a été faite au pont de Beaucaire. Deux consoles, dont l'une ornementée, supportent le potelet; un boulon traversant le tube sert à le fixer à chaque console. Les tiges des isolateurs présentent une section à talon qui les maintient fixés dans l'ouverture du tube destiné à les recevoir. La *fig.* 6, Pl. V, indique la disposition adoptée. Un potelet de 4 mètres de hauteur pesant 23 kilogrammes et de $0^{m},056$ de diamètre extérieur revient à 15 francs environ.

Les fers étirés de MM. Mirio et Glachant ont été depuis longtemps utilisés en Allemagne et en Suisse comme poteaux de lignes télégraphiques, mais leur emploi ne paraît pas s'être généralisé.

26. Une disposition simple consiste dans l'emploi d'une barre de fer à T sur la partie médiane de laquelle sont boulonnées les consoles des isolateurs.

La *fig.* 7, Pl. V, indique la forme qui pourrait être adoptée pour les consoles dans le but de gagner de la hauteur ; elles seraient en fer plat et reliées deux à deux à l'aide de boulons, de telle sorte que toutes les parties du système fussent solidaires les unes des autres.

Le fer à T est maintenu à sa partie supérieure par une tige scellée dans le mur ; à sa partie inférieure par une console en fonte moulée ; un ornement à chaque extrémité du fer à T achève de donner à ces potelets une certaine élégance qui permettrait de les employer dans la traversée des villes non pourvues de lignes souterraines.

27. M. Loir a remplacé dans la gare de Saint-Étienne un poteau en bois très-gênant par un potelet formé de deux fers cornières de 6 mètres de longueur engagés de $2^m,25$ dans la charpente (voir § 9), conservant ainsi disponible une longueur de $3^m,75$ pour recevoir les fils. Cet appui est solidement fixé à la charpente ; il supporte 10 fils et peut en recevoir facilement 20. Au point de vue de la solidité et de la durée, il est préférable aux potelets en bois, dont le remplacement fréquent offre de sérieux inconvénients dans une gare.

Ainsi que nous l'avons dit § 24, dans ses derniers essais sur les fers Zorès tronqués, M. Loir a été conduit à utiliser cette forme de fer pour la construction de potelets d'entrée de poste. Voici la disposition qu'il a adoptée : l'extrémité des câbles du poste est amenée dans la cavité offerte par le fer Zorès et chaque conducteur passe par un tube en porcelaine pour aller se souder au fil aérien arrêté à un isolateur ordinaire.

Le fer tronqué est fermé par des portes en tôle garnies intérieurement, ainsi que le corps du potelet, de planches formant une gaîne en bois. M. Loir a obtenu une fermeture parfaite au moyen du système suivant (*fig.* 8, Pl. V) :

une tige prismatique en fer, un peu plus longue que la porte, vient s'encastrer dans une ferrure F, fixée sur la plate-bande du potelet opposée à celle qui reçoit les charnières. Cette tige, appliquée contre la porte, fait ressort et est maintenue à son extrémité inférieure par une ferrure F′ dans laquelle elle pénètre par le côté. Pour ouvrir la porte, il suffit de dégager la tige des deux ferrures qui la maintiennent.

Les consoles sont doubles; elles sont boulonnées à une tige fixée elle-même à la base du V et présentent un isolateur de chaque côté du potelet.

Des plaques AB (*fig.* 3, Pl. VII) sont munies de trois trous qui permettent de fixer le système, soit à une tige simple, soit à une tige double, suivant l'effort auquel le potelet doit résister.

On comprend enfin par la description du poteau de jonction faite § 24 qu'il est possible d'établir des paratonnerres Bertsch à l'intérieur des potelets.

Dans la Pl. VII, l'élévation du potelet représente la disposition à adopter si la ligne arrive d'un seul côté; le plan, au contraire, donne la disposition dans le cas où les fils aboutiraient au potelet de chaque côté ou même y arriveraient par une direction normale à la façade de l'édifice sur lequel le potelet doit être installé.

Le potelet confectionné à Saint-Étienne pour recevoir 14 fils a coûté 87f,25; les manchons en tôle, supports d'isolateurs et boulons, 44f,10; ce qui porte à 131f,35 la dépense totale du potelet prêt à être placé.

Ces potelets ainsi que le poteau de jonction établi à Neuilly ont été galvanisés. Le prix de la galvanisation peut être calculé à raison de 12 à 15 francs par quintal métrique.

Paris le 24 novembre 1874.

NOTE

SUR LA COMPARAISON DES ISOLATEURS*.

Les isolateurs sont destinés à soutenir les fils en les isolant des supports. — Lorsqu'un isolateur est formé d'une substance parfaitement isolante, l'électricité ne peut se transmettre du fil au support qu'en parcourant la surface, à condition, toutefois, que cette surface soit recouverte d'une couche conductrice d'humidité ou de poussière. Quand, au contraire, la substance de l'isolateur n'est pas parfaitement isolante, l'électricité peut se rendre directement du fil au support en traversant l'épaisseur de l'isolateur. Il y a donc lieu de distinguer la *conductibilité superficielle* de celle qui s'exerce à travers l'épaisseur de la cloche, et que M. Gaugain appelle *conductibilité de masse*, qu'elle appartienne à la substance même de l'isolateur ou qu'elle résulte de l'eau interposée dans ses pores.

Pour reconnaître si une cloche d'isolateur est traversée par l'électricité, il suffit de la placer renversée dans un vase contenant assez d'eau pour mouiller presque toute sa surface extérieure, de remplir également d'eau la cavité destinée à recevoir la tige en fer, et de mettre l'eau du vase et celle de la cavité dans le circuit d'une pile

* Cette note résume les recherches sur les isolateurs faites par divers électriciens et notamment par M. Gaugain ; elle dispensera le lecteur de recourir aux travaux antérieurs de M. Gaugain, pour l'intelligence de l'article suivant relatif aux essais en France des isolateurs Brooks.

puissante (cent éléments Marié-Davy, par exemple) en interposant dans ce circuit un galvanomètre très-sensible. Si l'air est sec, l'électricité ne pourra évidemment se propager du liquide extérieur au liquide intérieur en suivant la surface, puisqu'une partie de cette surface n'est pas mouillée. Par suite, l'aiguille du galvanomètre ne déviera que si l'électricité traverse l'épaisseur de la cloche.

Supposons, par exemple, qu'une pile de cent éléments donne une déviation d'un degré avec un certain isolateur, et qu'un seul de ces éléments donne avec un autre isolateur une déviation voisine de 90°. Si la résistance du galvanomètre est négligeable par rapport à celle des isolateurs interposés dans le circuit, on peut dire que, pour une même déviation, la résistance de ces isolateurs varie comme la force électromotrice des piles employées. Ainsi, si le second isolateur avait donné avec un seul élément une déviation d'un degré, on pourrait en conclure que sa résistance est cent fois moindre que celle du premier. Mais il a donné une déviation voisine de 90°; sa résistance est donc encore moindre et tout au plus la dix-millième partie de celle du premier, puisqu'un courant qui produit une déviation voisine de 90° est au moins centuple de celui qui donne une déviation d'un seul degré, lorsque la pile reste constante.

Pour déterminer la résistance absolue d'un isolateur, on place, comme précédemment, dans un même circuit cet isolateur, un galvanomètre et une pile. On note la déviation du galvanomètre, et on la reproduit en substituant à l'isolateur une série de bobines, dont la somme représente approximativement la résistance de l'isolateur en question. Il peut être nécessaire pour reproduire cette déviation de diminuer la pile, et même de ne faire passer dans le galvanomètre qu'une partie du cou-

rant de la pile diminuée. La résistance approximative de l'isolateur s'obtiendra alors en multipliant la somme des bobines substituées par le rapport de la pile primitive à la pile diminuée, et le produit obtenu par le rapport de la résistance du galvanomètre à celle de la dérivation employée. En opérant ainsi, M. Gaugain a trouvé 26.000 unités environ pour la résistance d'un des plus mauvais isolateurs qu'il ait rencontrés. Si tous les isolateurs d'une ligne, même de peu de longueur, étaient doués d'une résistance aussi faible, toute transmission de courant serait impossible. Mais c'est là un cas exceptionnel. La conductibilité de masse est en général beaucoup moindre. On peut même et l'on doit par suite écarter complétement les isolateurs chez lesquels elle se rencontre.

On soumet dans ce but, avant de les accepter, les isolateurs à une épreuve électrique. Les pièces sont maintenues renversées, au moyen de châssis, s'il est nécessaire, dans des bassins métalliques peu profonds. Ces bassins sont remplis d'eau jusqu'à une faible distance du bord des isolateurs. L'intérieur des isolateurs est également rempli d'eau. Une forte pile est mise en communication par l'un de ses pôles avec l'eau des bassins. L'autre pôle, tenu au moyen d'une poignée isolante, est plongé successivement dans l'intérieur de chaque pièce. Il est évident que si l'une d'elles laisse passer l'électricité à travers sa substance, l'aiguille d'un galvanomètre sensible placé dans le circuit l'indiquera immédiatement. Il faut s'assurer préalablement qu'aucun défaut n'a été dissimulé par des substances hostiles à l'humidité, comme la graisse ou la paraffine.

La sensibilité du galvanomètre employé peut être définie par la déviation qu'il donne dans des conditions déterminées. L'administration emploie actuellement pour

la vérification de ses isolateurs une pile de cent éléments Marié-Davy et un galvanomètre de 7.000 unités de résistance environ. L'aiguille de ce galvanomètre dévie de 1° avec un élément de pile et une résistance extérieure de 10.000 unités, la 7.000e partie du courant passant seulement dans le galvanomètre. On rejette tout isolateur qui donne avec cent éléments une déviation appréciable à ce galvanomètre.

Les isolateurs acceptés ont donc une résistance absolue au moins égale à $7.000 \times 100 \times 10.000$ ou à 7 milliards d'unités. Leur résistance est en général beaucoup plus grande.

La conductibilité superficielle des isolateurs, la seule que l'on ne soit pas parvenu à éliminer complétement, est due en particulier à l'eau déposée sur les surfaces. On peut étudier l'influence de l'humidité de deux manières, en enfermant les isolateurs dans des vases clos, ou en les exposant à la pluie.

Pour les expériences en vases clos, M. Gaugain a employé de grands vases cylindriques en verre ou des caisses en bois dont les parois étaient revêtues de flanelle mouillée. Les isolateurs placés dans ces caisses étaient mis en communication, d'une part, avec la terre par leurs supports, d'autre part, avec l'un des pôles d'une pile par un bout de fil de fer fixé sur chaque isolateur, de la même manière que l'on fixe habituellement le fil en ligne. Avant de fermer les couvercles des vases, on avait soin de mouiller les surfaces extérieures des isolateurs en faisant tomber sur elles une pluie artificielle.

La conductibilité d'un isolateur maintenu dans ces conditions pendant un temps suffisamment long devient sensiblement invariable. Mais s'il est aisé de trouver le rapport des conductibilités de deux isolateurs, il n'est pas

aussi facile de déterminer l'influence d'une forme donnée, parce que deux isolateurs de même forme n'ont pas toujours la même conductibilité, et que cette conductibilité varie du simple au double et même au triple, par suite de circonstances accidentelles, comme la propreté plus ou moins grande des surfaces ou leur différence de propriétés hygrométriques. Pour éliminer ces causes d'erreurs, il eût fallu opérer sur un grand nombre d'isolateurs, ce que ne permettaient pas les dimensions restreintes des caisses employées. M. Gaugain dut se borner à comparer quelques isolateurs de formes différentes, provenant cependant de la même fabrique, et voici les résultats qu'il a obtenus.

Les isolateurs à double cloche offrent le plus de résistance, et leur résistance est d'autant plus grande que la cloche est plus profonde.

L'isolateur à double cloche isole *deux* fois plus que l'isolateur à simple cloche, et ce dernier *quatre* ou *cinq* fois plus que l'isolateur-arrêt à forme de champignon.

Quelques observations faites en plein air sous la pluie donnèrent des résultats un peu différents, mais il faut dire que les averses furent de courte durée. Quand la pluie ne se prolonge pas, les isolateurs à cloche profonde n'acquièrent qu'une très-faible conductibilité ; il leur faut beaucoup de temps pour atteindre leur conductibilité maxima. Comme au contraire l'isolateur à forme de champignon arrive très-vite à cette conductibilité maxima, il en résulte, dans le cas d'une courte averse, que ce dernier isolateur conduit, non plus quatre ou cinq fois, mais huit à dix fois plus que l'isolateur à cloche profonde. Il faut ajouter que presque toujours la pluie tourbillonne, et ce fait est d'autant plus nuisible que la cloche est plus large et qu'elle est moins profonde.

On a observé dans certains cas que la conductibilité des isolateurs allait en diminuant quand la pluie se prolongeait. Cette particularité tenait à ce que les isolateurs observés étaient souillés de poussière et de charbon. La pluie, en les lavant, augmentait leur résistance. Ce résultat est obtenu d'une manière plus complète par les nettoyages périodiques auxquels sont soumis les isolateurs des lignes.

Lorsqu'on étudie l'influence de l'humidité en exposant les isolateurs à l'action directe de la pluie, il est nécessaire de prendre certaines précautions, sans lesquelles les observations seraient peu concluantes. Les isolateurs doivent être fixés sur des traverses dans un endroit découvert de tous côtés. On en dispose ainsi au moins dix de chaque espèce que l'on réunit par un fil comme on les réunirait en ligne. Un second fil relie tous les supports et l'on détermine la perte du premier fil au second quand il pleut longtemps ou que l'humidité est persistante. Il importe de remarquer en effet que tous les isolateurs se valent à peu près quand il fait beau et qu'ils ne conservent pas toujours pendant une longue pluie les valeurs relatives qu'ils ont pendant une courte averse. On a soin de ne pas placer sur la même traverse les isolateurs d'une même espèce, mais de mêler sur chaque traverse les diverses espèces d'isolateurs, de manière à obtenir pour toutes une moyenne d'exposition sensiblement identique. Les fils doivent être du même diamètre et avoir avec les isolateurs des surfaces de contact aussi égales que possible. Il sera bon de partager préalablement en deux groupes les isolateurs de chaque espèce et d'essayer chaque groupe séparément. Si ces deux groupes ne donnent pas des résultats semblables, on pourra en conclure que l'un d'eux contient un ou plusieurs isolateurs défec-

tueux qu'il faudra rechercher et remplacer. On n'emploiera qu'un seul conducteur pour aller de la chambre d'essai à chacune des séries, afin d'éliminer sans calcul les différences qui résulteraient de l'emploi d'un nombre de conducteurs égal à celui des séries à comparer.

Il est rare que la pluie tombe d'une manière constante et uniforme pendant la durée des expériences, et si courte que soit cette durée, il y aura presque toujours une différence notable dans l'état hygrométrique de l'air au commencement et à la fin des essais. Il est dès lors indispensable, après avoir examiné les séries dans un certain ordre, de les examiner en ordre inverse. Si les résultats obtenus dans l'un et l'autre cas ne sont pas contradictoires, les moyennes mériteront d'être enregistrées.

Comme le but de pareils essais, qui, pour être vraiment concluants, doivent être poursuivis pendant plusieurs mois, est moins de déterminer la résistance absolue que la valeur relative des isolateurs qui s'y trouvent soumis, il est préférable de lire de simples déviations que de faire des mesures peu compatibles avec l'imprévu et la brièveté des phénomènes atmosphériques.

En opérant de ces diverses manières, on a reconnu, et la pratique a confirmé cette conclusion, que la valeur d'un isolateur dépendait de la forme et de la nature de sa surface. Sous le rapport de la forme, on a été conduit à adopter presque universellement dans la construction des lignes importantes un type, l'isolateur à double cloche, qui, tout en présentant une solidité suffisante, offre, sous un petit diamètre, une grande surface à l'abri de la pluie.

Quant à la nature de la surface, elle influe surtout au point de vue hygrométrique et cette influence est assez considérable pour qu'on ait dû préférer, avec un pouvoir

isolant un peu inférieur, les corps dont la surface attire le moins l'humidité, sèche le plus vite et se lave le mieux par la pluie.

Le verre isole mieux que la porcelaine, par exemple, mais il attire plus facilement l'humidité. Si un verre et une tasse remplis d'eau froide sont portés brusquement dans un milieu chaud et humide, le verre se couvrira de rosée longtemps avant que la porcelaine indique des traces d'humidité. C'est pour empêcher ce dépôt de rosée, nuisible à l'isolement, que dans les cabinets de physique les supports en verre des machines électriques sont vernis à la gomme laque. Les isolateurs en verre ont en outre l'inconvénient de supporter difficilement sans se briser les brusques variations de température auxquelles ils sont exposés, dans les tranchées profondes de chemin de fer par exemple, où le soleil peut venir les frapper tout d'un coup dans sa plus grande ardeur.

Le verre soufflé attire moins l'humidité que le verre fondu. Aussi s'est-on servi de cette sorte de verre en Amérique pour fabriquer un isolateur fort estimé, l'isolateur Brooks qui se compose essentiellement d'une espèce de bouteille renversée et cimentée dans un cylindre en fer. La valeur de cet isolateur dépend aussi beaucoup de la paraffine dont il est enduit et qui est une substance isolante très-hostile à l'humidité.

L'ébonite ou caoutchouc durci isole beaucoup mieux encore que le verre et attire moins l'humidité que la porcelaine. Mais cette substance se mouille facilement par la pluie et met alors beaucoup de temps à sécher. La pluie recouvre en effet l'ébonite d'une couche continue d'humidité, tandis qu'elle forme sur la porcelaine des gouttelettes séparées. On emploie pour ce motif l'ébonite de préférence pour former la cloche intérieure de cer-

tains isolateurs. Sa surface se trouve ainsi à l'abri de l'action directe de la pluie, action qu'elle a le plus à redouter.

La surface de l'ébonite a en outre l'inconvénient de devenir rugueuse et spongieuse par une exposition prolongée à l'air. Elle retient alors la poussière et l'isolateur perd une partie de son pouvoir isolant. Cette altération, il est vrai, n'atteint pas une grande profondeur; un polissage suffit pour rendre à l'isolateur ses qualités primitives, ce qui démontre d'une manière évidente l'influence de l'état de la surface sur l'isolement.

L'ébonite permet de construire de petits isolateurs très-légers qui ont, entre autres avantages, celui d'offrir peu de prise à la malveillance. On a remarqué en effet qu'un grand isolateur en porcelaine était promptement brisé dans les endroits où un petit isolateur en ébonite demeurait inaperçu ou plus difficile à atteindre en lançant des pierres.

La meilleure substance que l'on puisse employer est en définitive une bonne porcelaine, complétement vitrifiée, et isolant même quand elle n'est pas vernie; ce dont on s'assure facilement en soumettant à une épreuve électrique des échantillons dépouillés de leur vernis. Ce qui fait la valeur de la porcelaine, c'est surtout la qualité de sa surface lisse et polie qui empêche la formation d'une couche continue d'humidité, ne retient pas la poussière et se lave par la pluie. On peut faire à son emploi l'objection qu'il faut une grande expérience pour distinguer un bon échantillon d'un mauvais. La porcelaine étant formée de plusieurs substances, il faut en outre une certaine habileté de la part du fabricant pour arriver à la reproduire dans des conditions toujours identiques. Enfin il est difficile de distinguer un bon vernis d'un mauvais, et si un

bon vernis ne se détériore pas avec le temps, un mauvais qui aura cependant bonne apparence se fendillera à la longue.

La faïence, dont la surface ne vaut pas celle de la porcelaine, a cependant sur cette dernière l'avantage qu'étant formée d'une seule substance, elle est facilement obtenue identique à elle-même. De plus, elle est peu coûteuse et son vernis ne se fendille pas.

Il faut noter en terminant que les petites pièces étant plus faciles à obtenir parfaites que les grandes, il peut être avantageux, si la solidité de l'ensemble n'en souffre pas, de former un isolateur de plusieurs parties fortement reliées les unes aux autres. En opérant ainsi, il y a chance, si l'une des parties est défectueuse, que les autres ne le soient pas; il suffira, par exemple, pour qu'un isolateur fonctionne convenablement, que la tige métallique fixée dans sa cavité intérieure soit entourée d'un anneau isolant. C'est ainsi que des isolateurs doués d'une grande conductibilité de masse ont pu perdre complétement cette conductibilité en étant fixés sur leurs tiges au moyen de soufre, de gomme laque ou de caoutchouc durci.

Dans certains cas même où il a paru utile de rendre plus efficace le rôle de protection de la cloche extérieure, on a été amené à négliger complétement, au point de vue de l'isolement, la nature de la substance de cette cloche et à la former de matières très-résistantes mécaniquement comme la fonte ou le fer (isolateurs blindés).

A. Paute-Lafaurie.



ESSAIS DES ISOLATEURS BROOKS.

PAR M. J. M. GAUGAIN *.

Les expériences suivantes ont été exécutées en vue de comparer les nouveaux isolateurs de M. Brooks aux isolateurs en porcelaine à double cloche dont se sert maintenant l'administration française.

J'ai mis en expérience vingt isolateurs de chaque espèce seulement; ces isolateurs ont été installés sur un échafaudage qui se compose de deux madriers horizontaux, portés par trois poteaux : pour mettre les isolateurs des deux systèmes dans des conditions tout à fait identiques, on en a placé dix de chaque espèce sur le madrier supérieur et dix de chaque espèce sur le madrier inférieur. Les vingt isolateurs de chacun des deux systèmes portent un fil qui peut être mis à volonté en communication avec l'un des pôles d'une pile dont l'autre pôle est en rapport avec la terre; un galvanomètre interposé dans le circuit permet d'apprécier le faible courant qui franchit les isolateurs; j'ai employé pour cet usage un galvanomètre de Ruhmkorff à 25.000 tours de fil. La pile dont je me suis servi a été composée suivant les circonstances d'un nombre plus ou moins grand de couples au bichromate de potasse système Delaurier.

La sécheresse inusitée de l'été ne m'a pas permis de multiplier les expériences autant que je l'aurais désiré;

* Extrait d'un mémoire récent de M. Gaugain.

cependant mes observations conduisent à un certain nombre de conclusions qui me paraissent tout à fait hors de doute.

Comme je l'ai fait remarquer dans un rapport antérieur, il est impossible de déterminer avec précision la résistance d'un isolateur exposé à la pluie, parce que cette résistance varie suivant que la pluie tombe avec plus ou moins d'abondance et suivant qu'elle tombe plus ou moins longtemps. Lors même qu'il s'agit seulement de comparer la résistance de deux systèmes d'isolateurs, on trouve que le rapport de ces résistances varie encore avec l'abondance de la pluie ; c'est ce qui arrive du moins dans le cas des isolateurs sur lesquels j'ai opéré. Par exemple, mes observations du 28 juin montrent qu'à $1^{h},53$, au commencement de l'averse, les deux séries d'isolateurs présentent à peu près la même résistance; à $2^{h},35$, lorsque la pluie tombe à torrents, la résistance des isolateurs Brooks est six ou sept fois plus considérable que celle des isolateurs en porcelaine; à 4 heures, au moment où la pluie cesse les résistances des deux séries deviennent à peu près égales, et enfin, à $4^{h},35$, quelque temps après la fin de l'averse, la résistance des isolateurs en porcelaine est cinq ou six fois plus grande que celle des isolateurs paraffinés. Des variations analogues se retrouvent dans toutes les séries d'expériences, et elles me paraissent prouver que les isolateurs paraffinés se mouillent et se dessèchent plus difficilement que les isolateurs en porcelaine.

Mes nouvelles expériences mettent bien en évidence un autre fait que j'avais déjà signalé : l'altération rapide que subissent les isolateurs même les plus parfaits lorsqu'ils restent exposés à l'air. Les isolateurs sur lesquels j'ai opéré ont été installés sur leur échafaudage le

10 juin, et le 28 du même mois j'ai trouvé que les isolateurs en porcelaine donnaient une déviation de 45° lorsque la pluie tombait à verse et que le courant était fourni par une pile composée de treize couples; le 23 juillet, la pluie tombant également à verse, j'ai obtenu avec 2 couples seulement une déviation de 32°; il eût suffi par conséquent d'employer 3 couples environ pour porter la déviation à 45°. Je viens de dire que le 28 juin on n'obtenait cette déviation qu'en employant 13 couples; dans l'intervalle du 28 juin au 23 juillet, la résistance des isolateurs en porcelaine a donc diminué dans le rapport de 4 à 1 environ.

Dans le même intervalle de temps la résistance des isolateurs Brooks a subi une diminution bien plus considérable encore. Le 28 juin, lorsque la pluie tombait à verse, il a fallu 90 éléments pour obtenir avec ces isolateurs une déviation de 45°, et le 23 juillet la même déviation a été obtenue avec 8 éléments seulement, les conditions atmosphériques étant les mêmes ; la résistance a donc diminué dans le rapport de 11 à 1 environ dans l'intervalle de temps compris entre le 28 juin et le 23 juillet.

L'influence énorme que l'état de propreté des isolateurs exerce sur leur résistance se trouve encore bien nettement mise en évidence par les expériences suivantes : le 23 juillet, la résistance des isolateurs Brooks était environ triple de celle des isolateurs en porcelaine lorsque la pluie tombait à verse; après avoir constaté ce fait, on a nettoyé les isolateurs en porcelaine seulement. Pour cela on a essuyé leurs surfaces extérieures avec un linge sec et l'on a épousseté l'intérieur des cloches avec un petit balai de plumes. A la suite de cette opération, j'ai trouvé le 24 juillet que la résistance des isolateurs en porcelaine

était quatre fois plus grande que celle des isolateurs Brooks; la veille, avant le nettoyage, elle était trois fois plus petite; le nettoyage a donc eu pour effet de rendre douze fois plus grande la résistance des isolateurs.

Les isolateurs Brooks ayant été nettoyés à leur tour ont repris leur supériorité; j'ai trouvé le 26 juillet, la pluie tombant à verse, que leur résistance était six fois plus grande que celle des isolateurs en porcelaine; le 24 juillet, dans les mêmes conditions atmosphériques, elle était quatre fois plus petite; le nettoyage a donc augmenté cette résistance dans le rapport de 1 à 24.

Les mêmes expériences répétées dans le courant de septembre ont donné des résultats analogues.

On voit d'après ce qui précède que lorsqu'on veut comparer deux systèmes d'isolateurs il faut tenir compte d'abord de l'état de l'atmosphère et ensuite du temps plus ou moins long pendant lequel les isolateurs ont été exposés à l'air.

Comme la résistance des isolateurs diminue lorsque la pluie augmente d'intensité et qu'il est surtout utile de connaître la valeur minima de cette résistance, il en résulte que les observations les plus intéressantes sont celles qui ont été faites pendant de violentes averses.

Pour la même raison, il me paraîtrait surtout important de déterminer la résistance des isolateurs lorsqu'ils sont aussi complétement altérés et souillés qu'ils peuvent l'être dans la pratique, c'est-à-dire la valeur minima à laquelle la résistances des isolateurs se trouve réduite lorsqu'ils sont restés exposés à l'air aussi longtemps qu'on a coutume de les y laisser sans les nettoyer. C'est ce que je me propose de déterminer ultérieurement.

Jusqu'à présent je n'ai considéré que le cas où les

isolateurs sont nettoyés à de courts intervalles (de six ou sept semaines au plus), et les déterminations exécutées dans ces conditions peuvent se résumer ainsi :

Les isolateurs Brooks isolent mieux que les isolateurs en porcelaine lorsque les uns et les autres n'ont été exposés à l'air que pendant quelques jours; mais ils se salissent plus vite que les isolateurs en porcelaine, de sorte qu'au bout d'un temps assez court ils perdent leu supériorité; peut-être au bout d'un temps plus long deviendraient-ils très-inférieurs? J'ajouterai qu'ils sont plus difficiles à nettoyer.

Les résultats numériques des déviations obtenues permettent d'apprécier les variations de la résistance des isolateurs, mais pour en déduire la valeur absolue de cette résistance, il est nécessaire de déterminer expérimentalement la relation qui existe entre la déviation galvanométrique et l'intensité du courant. Voici comment j'ai exécuté cette détermination. J'ai constaté que le courant fourni par un couple thermo-électrique $\frac{\text{Bi}-\text{Cu}}{18^\circ-97^\circ}$ donnait une déviation impulsive de 45° lorsque l'on interposait dans le circuit une résistance équivalente à 2.600 kilomètres fil de ligne ; la résistance du fil de mon galvanomètre étant 864 kilomètres, la déviation 45° correspond donc à la résistance totale $2.600 + 864 = 3464$ kilomètres lorsque la force électro-motrice est $= \frac{\text{Bi}-\text{Cu}}{18^\circ-97^\circ}$

Maintenant le 28 juin, à 2h 21′, j'ai obtenu la déviation 45° avec les 20 isolateurs Brooks en employant le courant d'une pile composée de 90 couples Delaurier; la la force électro-motrice était

$$90 \times 364 \frac{Bi-Cu}{18^\circ-97^\circ};$$

la résistance totale du circuit devait donc être

$$90 \times 364 \times 3464 = 113.480.640 \text{ kilom.}$$

celle des 20 isolateurs employés:

$$113.480.640 - 864 = 113.479.776 \text{ kilom.}$$

et la résistance d'un seul isolateur :

$$20 \times 113.479.776 = 2.269.595.520 \text{ kilom.}$$

Le même jour et à la même heure, la résistance des isolateurs en porcelaine était à celle des isolateurs Brooks :: 13 : 90. La valeur était donc 327.830.464 kilomètres.

En juin 1868, j'avais trouvé 314 millions pour les isolateurs Brooks et 570 millions pour les isolateurs en porcelaine, toujours en temps d'averse et après une exposition à l'air de courte durée.

Comme M. Brooks l'avait alors annoncé, ses nouveaux isolateurs ont présenté, du moins au début, une résistance beaucoup plus grande que ceux que j'avais déjà expérimentés. Je dois ajouter que les isolateurs en porcelaine auxquels je les ai comparés ont une résistance plus petite que ceux sur lesquels j'avais précédemment opéré. Cette différence tient peut-être au mode de scellement ; les isolateurs antérieurs avaient été scellés au soufre et les isolateurs actuels sont fixés sur leurs consoles au moyen de chanvre goudronné.

ENREGISTREURS ÉLECTRIQUES DES VOTES,

A L'USAGE DES ASSEMBLÉES.

On connaît le procédé simple mais primitif employé par les Assemblées pour exprimer leurs votes : chaque membre a devant soi deux séries de bulletins imprimés portant, outre son nom, l'un des mots *pour* ou *contre ;* lorsqu'une proposition est mise aux voix, les huissiers font circuler dans les rangs des urnes où chacun dépose le bulletin de son choix. Cette première opération terminée, des scrutateurs procèdent au dépouillement des votes, travail laborieux qui dure souvent plusieurs heures.

On pourrait croire que cette manière de faire, si peu expéditive, rachète du moins cet inconvénient par une sûreté absolue ; il n'en est rien, et les fréquentes rectifications insérées à ce sujet aux procès-verbaux montrent qu'elle est loin d'être irréprochable.

Cette grave considération de l'exactitude dans l'expression de la volonté des députés, le temps précieux surtout que l'opération du scrutin fait perdre à l'Assemblée, ont suggéré l'idée de substituer au mode de votation actuel un procédé automatique qui fût à la fois plus rapide et plus précis. Plusieurs propositions dans ce sens ont même été portées à la tribune.

Parmi les inventeurs qui ont étudié la question, nous citerons : M. Saigey, inspecteur des télégraphes, qui, vers 1860, proposa au Sénat d'appliquer l'électricité à

l'émission des votes ; MM. Clérac, directeur des transmissions télégraphiques, et Guichenot, ingénieur civil, qui, au mois de janvier 1870, présentèrent au Corps législatif un système complet d'appareils à voter ; enfin, M. E. A. Jacquin, employé des télégraphes, qui, plus récemment, en mars 1874, proposa à l'Assemblée nationale une machine ayant le même objet.

Nous ignorons comment M. Saigey pensait réaliser son idée, ce fonctionnaire distingué, mort en 1872, n'ayant rien publié sur ce sujet ; mais nous pouvons faire connaître, aux lecteurs des *Annales télégraphiques* les appareils de MM. Clérac et Guichenot et celui de M. Jacquin.

SYSTÈME CLÉRAC ET GUICHENOT.

Dans ce système les appareils sont chargés de fonctions multiples ; ils doivent :

1° Permettre à l'Assemblée tout entière de suivre des yeux les phases du scrutin et, par suite, d'en pressentir le résultat avant même qu'il soit proclamé ;

2° Recueillir les votes et les totaliser instantanément ;

3° Les enregistrer ;

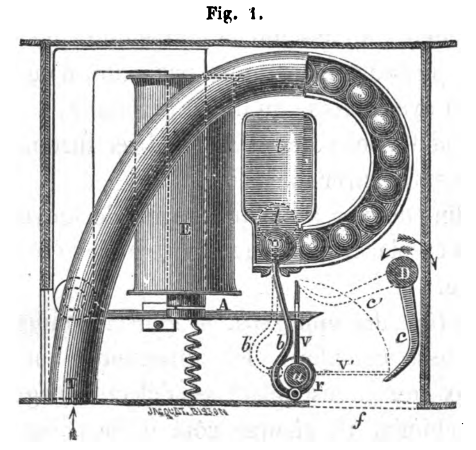
4° Enfin, donner à chaque député le moyen de s'assurer, de sa place, que son suffrage a bien été recueilli et enregistré.

Description des appareils. — Pour résoudre un problème aussi complexe, les inventeurs ont dû faire appel aux ressources qu'offrent l'électro-magnétisme et l'électro-chimie. De chaque côté de la tribune ils disposent deux grands tableaux divisés en autant de compartiments que l'Assemblée compte de membres. L'un de ces cadres est destiné à recevoir les votes affirmatifs, l'autre les votes négatifs. — Chaque député possède ainsi

deux cases, l'une dans le tableau des *pour*, l'autre dans celui des *contre*. Sur son pupitre sont placées deux touches (*tt'*, *fig.* 4) reliées respectivement à ces cases par des fils électriques permettant d'y conduire le courant d'une pile installée dans une salle voisine.

La *fig.* 1 représente l'intérieur d'un compartiment. Il se compose : 1° d'un électro-aimant E, dont l'armature A retient un petit volet V, de couleur voyante, et un bras *b*, tous deux solidaires et mobiles autour d'un axe *a* ; 2° d'un tube *incliné* T, contenant des boules en ivoire, et dont l'extrémité inférieure *l*, percée latéralement, ne laisse sortir qu'une seule de ces billes par scrutin ; 3° enfin d'une came *c* implantée dans un arbre D traversant toutes les cases d'une même rangée verticale. Une petite fenêtre *f* est ménagée dans la face du compartiment qui regarde l'Assemblée.

Fig. 1.



Fonctionnement de l'appareil. Apparition et dénombrement des votes. — Cela dit, le fonctionnement de l'appareil est facile à saisir. — Dès que le membre auquel appartient ce compartiment pose le doigt sur la touche

correspondante, l'électro-aimant, animé par le courant, attire l'armature A qui laisse échapper le volet V ; celui-ci se ferme alors sous l'action d'un ressort en spirale, *r*, et *devient visible* du dehors. En même temps, le bras *b*, obéissant aussi à l'impulsion du ressort *r*, pousse hors du compartiment la bille la plus engagée ; cette dernière tombant dans le conduit vertical *t*, arrive dans un tube collecteur où viennent s'empiler toutes les boules échappées d'un même tableau.

Ces diverses fonctions s'accomplissent, pour ainsi dire, simultanément dans les différentes parties des deux tableaux ; de sorte que l'ensemble du scrutin se manifeste aux yeux de l'Assemblée par l'*apparition des volets fermés* en même temps que le vote *se totalise automatiquement* dans les tubes collecteurs gradués, où la dernière bille tombée indique par sa position le nombre de suffrages exprimés*.

L'appareil que nous décrivons avait été conçu en 1869, c'est-à-dire à une époque où la Chambre ne se composait que de deux cent soixante-dix députés ; un seul collecteur suffisait alors pour recevoir toutes les billes d'un même tableau. Mais l'Assemblée comptant aujourd'hui sept cent cinquante membres, chaque cadre devrait avoir trois de ces tubes. — Cette modification n'aurait d'ailleurs d'autre inconvénient que de forcer les scrutateurs à faire une addition de trois nombres pour obtenir le total des boules de chaque couleur.

Les auteurs du projet indiquaient également dans leur brevet**, un autre moyen moins élégant mais presque

* La face antérieure des tubes collecteurs est formée d'une glace épaisse graduée.

** Ce brevet a été pris le 28 janvier 1870.

aussi rapide de totaliser le vote : il consistait à *peser* les billes tombées.

Dispositions accessoires. — Après le scrutin, les volets et les bras de toutes les cases qui ont fonctionné sont ramenés d'un seul coup dans leur position primitive à l'aide des arbres verticaux D armés de cames *c*, que l'on manœuvre de l'extérieur. L'appareil est alors prêt pour un nouveau vote.

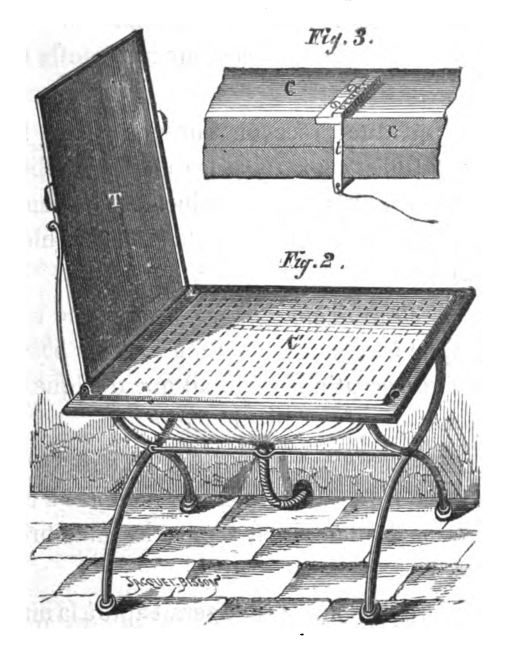
Les boules en ivoire introduites à l'avance dans chaque compartiment par l'orifice T du tube incliné, sont au nombre de vingt, ce qui est plus que suffisant pour une séance. Elles sont toutes exactement de même diamètre et chacune d'elles porte le numéro de la case ou mieux encore le nom d'un député ; cette indication est reproduite sur la face apparente du compartiment. Ajoutons que toutes les cases sont indépendantes, ce qui permet d'en enlever une quelconque sans déranger les autres.

Comme il importe que les touches ne soient à la disposition que du député auquel elles appartiennent, elles devraient être placées dans son pupitre ou dans une boîte fixée à ce pupitre et fermée par un bouton à combinaison de lettres.

Enregistrement du scrutin. Presse électro-chimique. — Tel qu'il vient d'être décrit, l'appareil est déjà complet, puisque le dénombrement des votes *pour* et *contre* s'effectue instantanément et qu'il suffirait d'enlever après chaque scrutin les billes tombées des tableaux et de les dépouiller à l'issue de la séance pour dresser la liste des votants. Mais les inventeurs ont tenu à supprimer également ce travail qui, si bien fait qu'on le suppose, laisserait encore subsister des chances d'erreur ; ils ont voulu que l'appareil fixât lui-même sur le papier les résultats de chaque opération. C'est au même courant électrique

qui a déjà provoqué l'apparition du volet et la chute de la boule qu'ils confient le soin *d'imprimer le nom du député* et *d'indiquer la nature de son vote* sur la feuille d'enregistrement du scrutin. Ils obtiennent ce dernier résultat par l'emploi d'une *presse électro-chimique* d'une grande simplicité.

Sur un tablier métallique T (*fig.* 2) on étend, avant le vote, une feuille de papier sensibilisé par un sel facilement décomposable par l'électricité, — du cyanoferrure de potassium*; — puis, on rabat ce tablier sur une plaque en caoutchouc durci C, dans laquelle sont incrustées des tiges ou plots métalliques *t* (*fig.* 3), portant gravé à leur extrémité en contact avec le papier le nom d'un



* Afin de maintenir le papier dans un état hygrométrique convenable, on ajoute à cette solution une petite quantité d'azotate d'ammoniaque.

député. — De même que pour les tableaux, chaque membre possède ici deux compartiments ou plutôt deux tiges à son nom, l'une en *fer* et l'autre en *cuivre*, lesquelles communiquent respectivement avec les touches *pour* et *contre*.

La marche du courant est combinée de telle sorte que le fluide électrique émis par une touche traverse la feuille sensibilisée au point même où elle est en contact avec le plot correspondant à cette touche. Sous l'influence de ce courant, le sel qui imprègne le papier est décomposé et il se forme *instantanément* avec le métal de la tige une nouvelle combinaison chimique de couleur bleue ou rouge foncé, selon que celle-ci est en fer ou en cuivre. L'empreinte résultant de cette combinaison est celle du nom que porte le plot; sa couleur indique la nature du vote.

On pourrait ainsi recevoir sur une même feuille les votes affirmatifs et ceux négatifs ; mais il semblerait préférable d'avoir deux presses distinctes, l'une enregistrant les *pour*, l'autre les *contre*. Telle est la dernière disposition à laquelle on s'est arrêté.

La *presse électro-chimique* constitue donc à elle seule un télégraphe à voter répondant à tous les besoins. Avec cet appareil un scrutin n'exigerait que quelques minutes, si nombreuse que fût l'Assemblée.

Cette presse pourrait encore servir à faire l'appel nominal, à vérifier si l'Assemblée est en nombre, à enregistrer les abstentions volontaires, à élire les membres du bureau, etc.

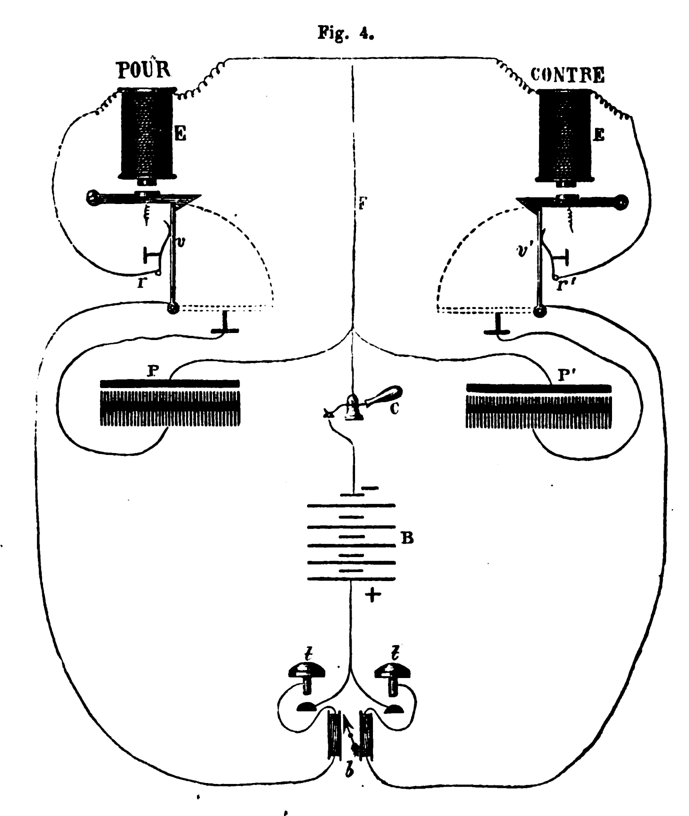
La première personne venue serait apte à la manœuvrer.

Le papier sensibilisé peut se conserver plusieurs mois sans altération ; il pourrait donc être préparé longtemps

à l'avance. Il suffirait de l'humecter légèrement au moment de l'employer.

Contrôle individuel du vote. — Désirant prévenir jusqu'à la possibilité d'une erreur, les auteurs du système ont placé sur chaque pupitre, entre les touches servant à voter, une petite boussole différentielle *b* (*fig.* 4), dont

Fig. 4.



l'aiguille s'incline à droite ou à gauche selon que le vote est affirmatif ou négatif, et qui ne fonctionne qu'autant que le volet est fermé, la boule tombée et le scrutin enregistré par la presse électro-chimique. Si par une cause

accidentelle le vote ne parvenait pas à destination, le député intéressé en serait averti par l'immobilité de l'aiguille, et il pourrait y remédier en remettant un bulletin au scrutateur.

Piles. Marche du courant. — Les piles sont installées dans une salle spéciale. Un commutateur C (*fig.* 4), placé sur le bureau du président, permet de ne les mettre à la disposition de l'Assemblée que pendant la durée du scrutin.

La figure théorique 4 montre la marche du courant dans les deux circuits desservant une même place : le fluide positif partant de la batterie B arrive aux touches *tt'*. Lorsqu'on abaisse l'une d'elles, ce courant est dirigé d'abord dans la case correspondante dont il traverse l'électro-aimant pour revenir à la pile par le fil de retour F et le commutateur C qui est alors fermé ; mais à peine l'armature a-t-elle fonctionné que le volet venant frapper contre le butoir qui limite sa course, le fluide détourné de sa route revient à la batterie en traversant la feuille électro-chimique en face de la tige de nom voulu.

La boussole *b* n'ayant que quelques tours de fil, son aiguille bouge à peine tant que le courant parcourt les spires de l'électro-aimant dont la résistance est relativement grande (100 à 150 unités BA) ; mais dès que le circuit s'établit à travers la feuille sensibilisée dont l'humidité rend la résistance presque nulle, l'intensité du courant augmente subitement et l'aiguille indicatrice dévie fortement, indiquant ainsi que le vote est recueilli et enregistré.

On n'a fait passer le courant que successivement dans l'électro-aimant et à travers le papier sensibilisé, afin qu'il pût concentrer son action sur chacun de ces points

au lieu de la diviser en les parcourant simultanément.

Une pile de six éléments Marie-Davy, grand modèle, suffit pour desservir six places ; chaque député n'emploie donc en réalité qu'un seul élément, soit 750 vases pour l'Assemblée tout entière, ce qui n'a rien d'excessif.

Scrutins secrets. — Avec les appareils que nous venons de décrire, on peut également pratiquer les scrutins secrets. Dans ce cas, on masque les tableaux par des stores et les boules tombées sont mêlées au sortir des tubes collecteurs. Dans la presse, on substitue de simples tiges sans indications à celles portant les noms des députés. Une disposition spéciale permet d'opérer instannément cette substitution.

Le secret du vote est ainsi assuré.

Suppression des votes par assis et levé. — Les votes par assis et levé donnent souvent lieu à des contestations ; ils pourraient être remplacés avec avantage par les procédés ci-dessus qui les égalent en rapidité et les surpassent infiniment en précision.

SYSTÈME JACQUIN.

L'appareil proposé par M. E. A. Jacquin* offre une grande analogie avec celui de MM. Clérac et Guichenot. Il en diffère toutefois quant au mode d'enregistement du scrutin qui est remplacé ici par un pointage individuel sur autant de feuilles qu'il y a de rangées de cases. L'opération du vote ne se manifeste pas non plus aux yeux de l'Assemblée.

Nous extrayons des *Annales industrielles* et nous repro-

* Ce système a été présenté à l'Assemblée par voie de pétition le 8 mars 1874.

duisons ci-après la description de ce système faite par l'auteur du projet lui-même :

« Ce système donne instantanément les résultats des scrutins : épreuve, contre-épreuve et indication des abstentions. En plus, un pointage nominal se fait sur des feuilles spéciales qui servent à établir, après chaque séance, un tableau complet et détaillé de toute les opérations individuelles (même des opérations erronées), relatives aux divers scrutins de cette séance.

« *Exposé du système.* — Deux boutons analogues aux boutons des sonnettes électriques sont placés devant chaque député ; pour exprimer son vote, il appuie sur le bouton placé à droite ou sur celui placé à gauche, selon qu'il veut voter affirmativement ou négativement. Ces boutons transmetteurs peuvent être placés dans un pupitre fermé à clef.

« A chaque bouton transmetteur correspond, au fond de la salle, à proximité du bureau de l'Assemblée, un petit appareil qui renferme une provision de boules et qui en laisse échapper une lorsqu'on appuie sur le bouton qui lui correspond.

« Les appareils qui renferment les boules blanches sont échelonnés dans un cadre spécial, et ceux renfermant les boules bleues dans un autre cadre. Les boules tombent des appareils dans des entonnoirs et parviennent dans deux urnes, au moyen d'un système de tubes ramifiés et par l'effet seul de la pesanteur.

« Les boules étant toutes exactement du même poids *, il suffit de peser les deux urnes aussitôt le vote terminé

* Il est possible de fabriquer des billes en ivoire et en verre dans ces conditions de précision.

pour obtenir immédiatement les nombres de voix exprimées dans les deux sens (affirmatif et négatif).

« On opère ensuite mécaniquement, d'un seul tour de manivelle, la décharge des appareils qui n'ont pas fonctionné, ce qui donne le nombre des absents et abstentionnistes.

« Afin d'éviter l'emploi d'un barême pour convertir en nombre de boules les poids fournis par les pesées, on peut adopter pour type du poids d'une boule une unité décimale, par exemple 10 grammes, ce type donnant des boules d'une dimension convenable. Alors, en lisant le poids d'une urne, on pourra énoncer immédiatement le nombre des boules qu'elle contient. Ainsi une urne pesant 1.500 grammes contient 150 boules et indique, par conséquent, 150 voix émises. Nous entendons, par poids d'une urne, le poids des boules qu'elle renferme ; quant à l'urne elle-même, elle est tarée d'avance et n'influe pas sur les pesées.

« En plus des indications fournies par les boules, un pointage automatique se fait dans chaque appareil sur de petites bandes de papier qu'on y introduit avant la séance. A la fin de la séance, les feuilles pointées, retirées des récepteurs et collées les unes à côté des autres par ordre numérique, forment un tableau complet et détaillé de tous les scrutins de cette séance. Chaque député est représenté au tableau par deux feuilles portant son numéro d'ordre ; sur l'une sont inscrits les votes affirmatifs, et, sur l'autre, les votes négatifs.

« *Pile et transmetteur.* — La pile, composée de deux éléments (petit modèle Leclanché) *, est enfermée dans une boîte portant le numéro de la place du député qu'elle

* Nous avons fait construire un appareil qui fonctionne avec un élément.

dessert. Toutes les piles sont rangées par ordre dans une salle spéciale. Le fil métallique partant du pôle positif de la pile se rend dans l'électro-aimant du récepteur et revient aboutir à une petite enclume métallique installée dans le pupitre du député. Le pôle négatif communique avec un petit levier placé au-dessus de l'enclume et est maintenue à faible distance de celle-ci par un ressort. En appuyant sur un bouton extérieur, le député fait toucher le levier contre l'enclume, et, par conséquent, ferme le circuit électrique : alors le courant passe dans l'électro-aimant du récepteur correspondant. Ce transmetteur étant analogue à celui employé pour mettre en jeu les sonnettes électriques, nous n'entrerons pas dans plus de détails à ce sujet.

« *Récepteur.* — Le récepteur se compose d'un électro-aimant E, d'un levier déclancheur L, d'une pelle C et d'un entonnoir *t*. Nous parlerons en temps utile de différentes pièces accessoires qui se rattachent plus ou moins directement au récepteur.

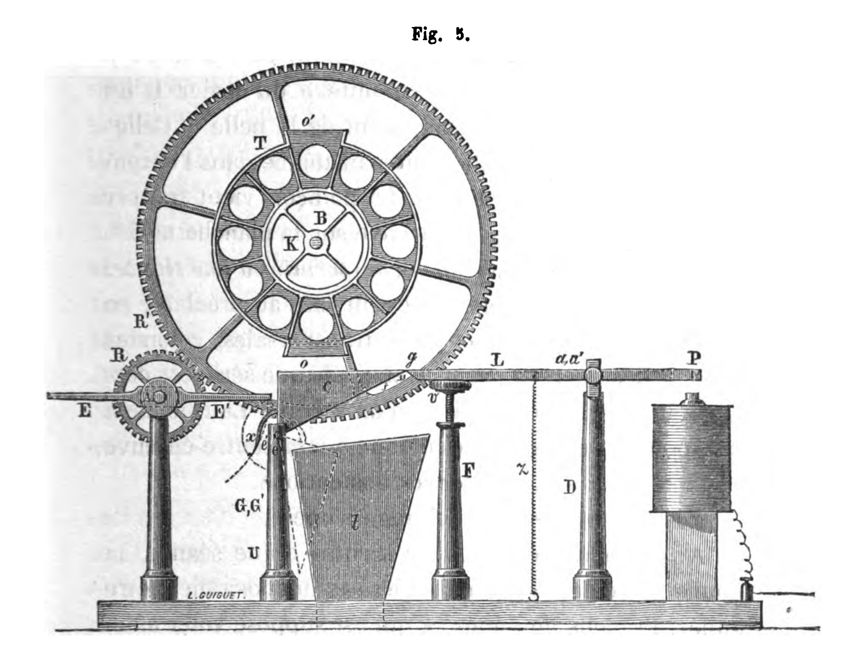
« Le levier déclancheur L est mobile autour d'un axe horizontal passant par les extrémités de deux vis *a* et *a'* engagées dans une pièce métallique à fourchette H qui est fixée sur la colonne D.

« L'extrémité *g* du levier L est à double biseau.

« L'autre extrémité du levier porte un cylindre de fer doux *p* qui lui est perpendiculaire et qui se trouve placé au-dessus des surfaces polaires de l'électro-aimant. A l'état de repos, le levier L, par l'effet d'un ressort antagoniste *r*, vient buter contre une vis *v* qui s'engage dans la colonne F.

« La pelle *c*, mobile autour d'un axe horizontal passant par les extrémités des vis *e* et *e'* portées par les deux colonnes GG', vient appuyer son bec sur la face supérieure

Fig. 5.



du biseau *g*. Lorsqu'on soulève l'extrémité *g* du levier L, la pelle *c*, n'appuyant plus sur *g*, s'échappe et bascule. On règle le déclanchement de la pelle *c* au moyen de la vis *v* qui permet d'élever ou d'abaisser l'extrémité *g* du levier, de façon à ce que le déclanchement s'opére bien. Un petit poinçon, fixé au-dessous de la pelle *c*, est destiné à opérer le pointage en frappant contre une planchette U, placée horizontalement contre les colonnes G; elle est maintenue par des griffes formant rainures, de telle sorte qu'on peut l'avancer à volonté.

« L'entonnoir *t* est situé au-dessous de la pelle *c*; il communique avec l'urne par un tube.

« Examinons maintenant comment fonctionne le récepteur. — Le courant électrique envoyé par le bouton

transmetteur, au moment du vote, passe dans l'électro-aimant du récepteur. Alors le cylindre de fer doux *p* est attiré, et, par suite, l'extrémité *g* du levier L est soulevée et opère le déclanchement de la pelle *c*. Celle-ci bascule, la boule qu'elle contenait tombe dans l'entonnoir *t* et se rend dans l'urne. Le poinçon vient frapper la feuille de pointage qui se trouve sur la planchette U *.

« *Pointage nominal. Tableau des scrutins d'une séance.* — Chaque feuille de pointage est divisée au préalable en séries de trois petites colonnes transversales, colonnes que nous désignerons par *a*, *b* et *c*. Chaque série est destinée à inscrire les indications d'un scrutin. La colonne *a* correspond à l'épreuve, la colonne *b* à la contre-épreuve et la colonne *c* sert à noter les abstentions.

« Voyons comment le pointage s'opère.

« A l'ouverture du premier scrutin d'une séance, la colonne *a* de la première série est en position d'être frappée. Prenons un député A qui est supposé voter affirmativement. La feuille de son récepteur positif est frappée par le poinçon au moment de l'épreuve, dans la colonne *a*. Lorsque l'épreuve est terminée, avant de commencer la contre-épreuve, on avance toutes les feuilles indistinctement de l'espace d'une colonne. La feuille négative du député A avance sans avoir été frappée, sa colonne *a* restera donc en blanc; elle sera frappée à la contre-épreuve dans la colonne *b*. Par contre, la feuille positive, qui a été frappée dans la colonne *a* par l'épreuve, ne sera pas frappée à la contre-épreuve, et sa colonne *b* restera en blanc. On avance encore d'une colonne après la contre-épreuve, et l'on fait fonctionner automatiquement tous les appareils pour décharger ceux correspondant aux

* La planchette U et l'armature P ne sont pas figurées dans le dessin.

abstentionnistes. Les pelles des deux récepteurs du député A étant tombées, ces récepteurs ne fonctionnent pas, ou plutôt les leviers L seuls fonctionnent à vide et les feuilles de pointage ne sont pas frappées; leurs colonnes *c* restent en blanc. Le vote affirmatif du député A sera donc indiqué sur la feuille positive par un point dans la colonne *a*, et sur la feuille négative par un point dans la colonne *b*.

« Un vote négatif serait indiqué par un point dans la colonne *a* de la feuille négative et par un point dans la colonne *b* de la feuille positive.

« Pour une abstention, les deux récepteurs ne fonctionnant ni à l'épreuve ni à la contre-épreuve, les colonnes *a* et *b* restent en blanc. Les colonnes *c* des deux feuilles sont frappées en même temps par la décharge automatique des appareils.

« L'examen du tableau ci-dessous, qui indique les votes émis par sept députés pendant une séance, fera mieux comprendre le système de pointage.

NOMS DES DÉPUTÉS.		1er scrutin. Épreuve.	1er scrutin. Contre-épreuve.	1er scrutin. Abstention.	2e scrutin. Épreuve.	2e scrutin. Contre-épreuve.	2e scrutin. Abstention.	3e scrutin. Épreuve.	3e scrutin. Contre-épreuve.	3e scrutin. Abstention.	4e scrutin. Épreuve.	4e scrutin. Contre-épreuve.	4e scrutin. Abstention.
A	Feuille affirmative.	•				•				•	•		
	Feuille négative.		•		•					•		•	
	Traduction des votes.	A voté pour			A voté contre			S'est abstenu			A voté pour		
B	Feuille affirmative.		•		•			•				•	
	Feuille négative.	•				•			•		•		
	Traduction des votes.	Contre			Pour			Pour			Contre		
C	Feuille affirmative.		•				•	•				•	
	Feuille négative.	•					•		•		•		
	Traduction des votes.	Contre			Abstenu			Pour			Contre		
D	Feuille affirmative.	•				•				•	•		
	Feuille négative.		•		•					•		•	
	Traduction des votes.	Pour			Contre			Abstenu			Pour		
E	Feuille affirmative.	•					•			•	•		
	Feuille négative.		•				•			•		•	
	Traduction des votes.	Pour			Abstenu			Abstenu			Pour		
F	Feuille affirmative.			•			•			•			•
	Feuille négative.			•			•			•			•
	Traduction des votes.	Absent			Absent			Absent			Absent		
G	Feuille affirmative.			•	•			•			•		
	Feuille négative.	•			•				•			•	
	Traduction des votes.	Contre avec erreur			Vote nul			Pour			Pour		

« Les feuilles de pointage de toute une rangée de récepteurs sont fixées sur une même planchette U. En outre, toutes les planchettes viennent s'engager par une de leurs extrémités dans un système de barres verticales à mortaises accouplées. On les y fixe au moyen de vis, de telle sorte qu'il suffit d'avancer, au moment opportun, d'une quantité déterminée les barres verticales, pour faire avancer d'une colonne les feuilles de pointage de tous les récepteurs. A cet effet, le système des barres verticales accouplées fait corps avec une crémaillère que commande un pignon qui lui transmet le mouvement qu'il reçoit du moteur.

« Au commencement d'une séance, on introduit dans les récepteurs les planchettes munies des feuilles destinées à être pointées, et on les fixe aux barres verticales. Quand la séance est terminée, on les retire pour enlever les feuilles *pointées*, qui servent à établir le tableau des divers scrutins de la séance, ainsi que nous l'avons dit plus haut.

« *Armement des appareils. Approvisionnement et distribution des boules. Mécanisme.* — Dans l'exposé général, nous avons supposé tous les appareils prêts à fonctionner, c'est-à-dire toutes les pelles *c* armées et chargées chacune d'une boule. Or, comment arme-t-on les récepteurs ? Est-ce à la main, et l'un après l'autre ? Ce procédé ne serait guère expéditif.

« Nous avons dû trouver un moyen d'armer simultanément et très-rapidement tous les récepteurs avant l'ouverture d'un scrutin. Voici comment :

« Derrière une rangée de récepteurs, se trouve un axe horizontal parallèle à la ligne qui passerait par les axes de suspension des pelles *c*. Cet axe ou arbre porte en regard de chaque récepteur, d'abord une came E.

Cette came se trouve placée dans le même plan vertical que la queue x de la pelle c, et sa position par rapport à cette queue est telle que, lorsque la pelle est tombée, si l'on fait accomplir à l'arbre A une demi-révolution, la partie supérieure de la came appuie en passant sur la queue x, et fait soulever la pelle c jusqu'au-dessus du levier L. Quand la pelle est passée, le levier L, qui avait été un peu soulevé, est ramené à sa position de repos par son ressort antagoniste. Alors, le bec de la pelle c vient buter contre la face supérieure du biseau g, et la pelle ne peut retomber. Elle est donc armée et il ne resterait plus qu'à la charger d'une boule pour que les appareils fussent prêts à fonctionner, *si ce n'était déjà fait.*

« En effet, un peu plus loin que la came E, l'arbre A porte un pignon R, qui engrène une grande roue dentée R′. Cette roue R′ est fixée sur le même arbre K qu'une roue à aubes droites, B, qui peut tourner dans un tambour T, de manière à ce que les extrémités des aubes rasent la surface du tambour. La profondeur du tambour et l'espacement qui sépare les aubes les unes des autres, sont tels que deux aubes adjacentes déterminent une case qui peut contenir une boule. Le tambour est percé à sa partie inférieure d'un trou circulaire O pouvant laisser passer une boule. Ce trou se trouve un peu au-dessus de la pelle c, quand celle-ci est armée. Si chaque case est munie au préalable d'une boule, on voit qu'en faisant tourner la roue à aubes les boules tomberont une à une sur la pelle c à mesure que les cases passeront en face du trou O. On garnit avant la séance les cases par un trou O′ qu'on ouvre dans la partie supérieure du tambour. Pendant cette opération, on ferme le trou O, autrement la moitié des cases se viderait en passant devant lui.

« La roue à aubes étant garnie de boules, on comprend facilement maintenant comment la pelle *c* se trouve chargée d'une boule aussitôt qu'elle est armée. Il suffit pour cela que l'axe déterminé sur la circonférence projetée de R′ par le prolongement de deux aubes adjacentes soit égal à la moitié de la circonférence du pignon R. Il s'ensuit que, pendant que R accomplit une demi-révolution, la roue à aubes B tourne d'une case et laisser tomber une boule dans la pelle *c*.

« Afin de ne pas allonger par trop cet exposé, nous croyons devoir passer sous silence le moyen que nous avons choisi pour dégager ou enrayer en temps utile le mouvement des arbres de transmission.

« *Décharge instantanée des appareils correspondant aux absents et aux abstentionnistes.* — Il est nécessaire de faire partir après chaque scrutin les boules que contiennent les appareils qui n'ont pas été mis en jeu, parce que celles-ci fausseraient le scrutin suivant. Cette opération s'exécute au moyen d'un apppareil que nous allons décrire.

« Cet appareil comprend une table circulaire en bois dur, placée horizontalement. Sur la surface supérieure et parallèlement à la circonférence, sont creusées deux rainures adjacentes, séparées par un filet plein. Dans chaque rainure sont incrustées transversalement des petites plaques métalliques (cuivre), séparées entre elles par des espaces isolants. Chaque rainure porte le même nombre de plaques métalliques, nombre égal à celui des récepteurs. Chaque plaque métallique d'une rainure se trouve située sur le prolongement d'une plaque de l'autre rainure, de telle sorte que le rayon qui passe par le milieu de l'une de ces plaques passe aussi par le milieu de l'autre. Nous appellerons couple ces deux

plaques. A travers le plateau, puis au moyen de fil métallique recouvert, chaque couple est en communication avec les bornes d'un même récepteur. En un mot, chaque récepteur est représenté dans la double rainure par un couple de petites plaques métalliques avec lequel il est en relation par dérivation. Si donc on touche avec les deux électrodes d'une pile l'un quelconque de ces couples, on fait fonctionner le récepteur qui lui correspond.

« Cela posé, prenons à la main une petite pince dont les deux branches métalliques, isolées l'une de l'autre, soient en communication avec les deux électrodes d'une pile. Si l'on parcourt avec cette pince la double rainure en frottant successivement avec les deux branches chaque couple des petites plaques métalliques, on aura envoyé un courant électrique dans tous les récepteurs.

« Or l'office de la pince sera rempli par un chariot frotteur muni de deux dents métalliques qui s'engagent dans la double rainure; elles sont isolées l'une de l'autre et communiquent avec les deux électrodes d'une pile. Ce chariot est porté par un bras horizontal placé au-dessus de la table et peut tourner autour d'un axe passant par le centre de celui-ci. On fait tourner ce bras au moyen d'une manivelle. Un simple tour du chariot dans la double rainure suffira donc pour faire passer le courant électrique dans tous les récepteurs en temps utile, c'est-à-dire après la contre-épreuve. Les appareils qui n'ont pas fonctionné pendant le vote seront alors déchargés; les autres fonctionneront à vide, ce qui est sans importance.

« Nous n'avons pas parlé du moteur. Les organes mis en jeu offrant peu de résistance, on emploiera des poids ou simplement des manivelles actionnées par un homme.

On pourrait encore installer une machine motrice électro-magnétique utilisant toutes les piles qui ne sont mises en activité qu'au moment de l'émission des votes et sont toujours libres lors du fonctionnement des organes mécaniques. Nous omettons également quelques dispositions secondaires que nous avons ajoutées à notre projet primitif; ainsi un numérotage des boules, l'emploi d'un compteur pour contrôler rapidement les données fournies par les pesées, etc.

« Nous dirons pour terminer que l'installation de notre système pour l'usage d'une assemblée composée de 700 membres exigerait un espace de 4 mètres cubes environ. Le coût de cette installation pourrait s'élever à 60.000 francs. Quant aux frais d'entretien, ils seraient de peu d'importance. »

On a fait à l'emploi des télégraphes à voter deux sortes d'objections: les unes sont relatives aux dérangements qui peuvent survenir dans un aussi grand nombre d'organes mécaniques devant fonctionner simultanément, les autres sont tirées de considérations psychologiques. Aucune d'elles ne nous paraît fondée.

Les deux tableaux *pour* et *contre* renferment à la vérité quinze cents électro-aimants, autant d'armatures, de ressorts, etc., et si toutes ces pièces devaient être réunies en une seule machine, si leur jeu devait se combiner en vue de produire un effet unique, on pourrait être justement effrayé d'une telle complication; mais elles sont réparties en une série de cases indépendantes formant autant de petits appareils distincts, d'une construction simple, robuste et présentant les garanties d'un fonctionnement régulier.

Si d'ailleurs on hésitait à employer les appareils

électro-magnétiques, soit par crainte des dérangements qui pourraient s'y produire, soit à cause de la dépense qui en résulterait, — ce que, en nous plaçant à ce dernier point de vue, nous concevrions, — on pourrait adopter purement et simplement la *presse électro-chimique* qui ne comporte, elle, ni électro-aimant, ni mécanisme d'aucune sorte, qui ne peut, par conséquent, donner lieu à aucun dérangement ni à aucune erreur, et dont le prix serait insignifiant.

Restent les objections tirées : 1° du changement que ce nouveau mode de votation introduirait dans les habitudes parlementaires ; 2° des facilités plus grandes que le système des bulletins et des urnes est censé accorder aux députés d'un même groupe pour se concerter entre eux avant de déposer leur vote ; enfin 3° de la latitude que le procédé actuel laisse aux membres que la discussion n'a pas suffisamment édifiés et qui attendent parfois jusqu'au dernier moment pour prendre une résolution.

Ces diverses considérations sont plutôt spécieuses que fondées.

Le changement que l'emploi d'un appareil à voter pourrait apporter dans les habitudes parlementaires ne serait nullement gênant, et il ne saurait être mal accueilli par une Assemblée dont il économiserait le temps et par un bureau dont il simplifierait le travail.

Nous ne voyons pas non plus pourquoi il empêcherait les membres d'un même côté de la Chambre de s'entendre avant de voter, comme ils le font aujourd'hui : il serait accordé, selon l'importance de la question soumise au scrutin, dix, quinze ou même vingt minutes à l'Assemblée pour émettre son vote, et personne n'aurait à se hâter plus qu'on ne le fait actuellement. Quant aux membres que les débats auraient laissés indécis, dix à vingt mi-

nutes de réflexion ou d'entretien avec leurs collègues suffiraient certainement pour leur permettre de se former une opinion et de l'exprimer.

Nous croyons avoir répondu aux principales objections qui ont été faites à l'emploi des appareils à voter; il serait sans doute aisé de réfuter de même toutes celles qui pourraient se produire. Ainsi que nous l'avons dit au commencement de cet article, la question n'est pas nouvelle, elle est posée depuis longtemps déjà, tant en France qu'à l'étranger; l'Assemblée nationale en est aujourd'hui saisie, et nous ne doutons pas qu'elle n'apprécie l'utilité d'une innovation qui intéresse aussi directement la marche de ses travaux.

H. Cl.

LES SINISTRES MARITIMES

ET LES STEAMERS TÉLÉGRAPHIQUES.

Naufrage du *La Plata*.— Le commencement de l'hiver est presque toujours marqué par un grand nombre de désastres en mer; dans les derniers mois de chaque année la liste des naufrages s'allonge subitement, et les récits de sinistres maritimes, trop souvent accompagnés du sacrifice de nombreuses existences, appellent journellement l'attention et la sympathie publiques. — Les deux premiers mois de l'hiver actuel n'ont pas fait exception à la règle; au contraire, les tempêtes ont été des plus violentes, beaucoup de navires ont été perdus, engloutissant avec eux des centaines de victimes.

Un des plus désastreux parmi ces sinistres nous intéresse tout particulièrement, c'est la destruction totale, presqu'en vue des côtes de la Bretagne, du *La Plata*, magnifique navire à hélice, qui était exclusivement employé à la pose des câbles télégraphiques sous-marins. Ce naufrage eut lieu vers la fin de novembre dernier à une faible distance de l'île d'Ouessant, à l'ouest du port de Brest, et entraîna la mort de la plupart des malheureux qui se trouvaient à bord: des ingénieurs et électriciens, chargés de la pose du câble, pas un seul n'échappa.

Le *La Plata* était la propriété de M. Henley de Londres, bien connu comme fabricant de câbles télégraphiques; c'était un beau navire, très-bien construit, avec coque en fer, jaugeant officiellement 1.218 tonnes; il

était employé par M. Henley depuis plusieurs années pour la pose des câbles sous-marins et était spécialement aménagé à cet effet ; en dernier lieu, il avait immergé dans la mer Noire le câble reliant Odessa et Constantinople, opération qui réussit parfaitement. Puis il avait été frété par MM. Siemens frères, les grands constructeurs télégraphiques de Londres, pour la pose entre Rio del Sul et la rivière Chuy au Brésil, d'un câble de 300 kilomètres fabriqué par MM. Siemens pour la compagnie télégraphique Platino-Braziliera ; cette section devait compléter le réseau de la compagnie ; un premier câble ayant exactement la même destination s'était déjà perdu dans le courant du mois de mai dernier avec le navire *le Gomos* qui le transportait.

Le *La Plata* était commandé par le capitaine Dudden, l'équipage se composait de cinquante-six hommes, y compris le chirurgien M. Hughes ; en outre, il y avait à bord seize employés de la maison Siemens, ingénieurs et électriciens pour la pose du câble ; ces derniers étaient sous les ordres de M. Ricketts, ingénieur en chef, chargé de la haute surveillance de toute l'expédition. L'équipage était suffisamment nombreux, le navire pourvu de tout ce qu'il faut pour naviguer dans de bonnes conditions ; son armement habituel ne comportait que quatre canots, mais un cinquième fut ajouté par les soins de MM. Siemens avant le départ, ainsi que deux radeaux de sauvetage, dont un pouvait porter un chargement de 25 tonnes.

Le bateau quitta l'usine de MM. Siemens située à Charlton sur la Tamise, le lundi 23 novembre, et, au point du jour, le vendredi suivant, il se trouvait près de l'île de Wight où il débarqua le pilote et continua sa route vers le sud. Le soir du même jour, le vent s'élevait et soufflait avec une telle violence que le navire ne pouvait

guère filer plus de quatre nœuds à l'heure, de sorte que ce ne fut que le dimanche matin, après avoir achevé la traversée de la Manche, qu'il se trouva en face des côtes de la Bretagne et dépassa l'île d'Ouessant. Ici eut lieu le premier malheur : deux énormes vagues envahissant le pont en même temps le balayèrent d'un bout à l'autre, enlevant deux des canots de sauvetage, et du même coup un matelot, sans qu'il fût possible à ses compagnons de venir à son secours.

La mer était très-grosse et le bateau roulait beaucoup; on réussit à grande peine à tendre la grand'voile afin de tenir la proue au vent, mais la voile fut bientôt mise en lambeaux par l'ouragan. — Entre huit et neuf heures, le chef mécanicien fit savoir au capitaine qu'une voie d'eau s'était déclarée, et que la mer pénétrait par les soutes à charbon en telle abondance que dans une heure les feux des chaudières seraient éteints. Immédiatement on fit fonctionner la pompe à vapeur qui enleva d'énormes quantités d'eau de la cale. — On vit alors qu'il fallait tout sacrifier pour empêcher le navire de sombrer, et l'on se décida à jeter le câble à la mer pour alléger le bateau qui commençait déjà à s'enfoncer ; il aurait été très-dangereux d'ouvrir l'écoutille, car les vagues qui envahissaient le pont à chaque instant auraient rempli la cuve ; on fit une ouverture à travers le magasin général, par laquelle on passa le bout du câble à l'avant et on le laissa filer à la mer ; mais lorsque 25 kilomètres environ eurent été jetés, on reconnut que le mal était trop grave pour que l'on pût y porter remède en diminuant le poids du chargement, et l'on coupa le câble, abandonnant les 25 kilomètres à la mer. — Pendant ce temps l'eau avait atteint le niveau des fourneaux et la vapeur faisant défaut la pompe ne marchait plus. — Quoique le bateau

s'enfonçât de plus en plus et n'obéît plus au gouvernail, on essaya comme dernière ressource de chauffer une petite pompe à vapeur qui était sur le pont; le charbon était trop mouillé, mais on parvint à obtenir de la pression en alimentant le feu avec des déchets de coton arrosés de pétrole; la petite machine se comporta bravement pendant quelque temps, jusqu'à ce qu'une énorme vague envahît son foyer et l'éteignît à tout jamais. — Il était évident que tout avait été fait, mais en vain, pour sauver le navire, et qu'il n'y avait plus de salut pour les hommes que dans les embarcations. — L'ouragan devenait de plus en plus fort, et la mer était, au dire même des matelots, affreuse à voir; l'équipage était dans une position des plus critiques, cependant l'ordre le plus parfait ne cessa de régner; le capitaine Dudden donnait l'exemple du calme et du sang-froid; il ne quitta pas le pont un seul instant depuis le jeudi matin jusqu'au moment où il fut englouti avec le navire dans l'après-midi du dimanche.

On se mit à préparer les canots: deux d'entre eux avaient été déjà enlevés par la mer, un troisième subit bientôt le même sort: c'était celui que MM. Siemens avaient fait mettre à bord. — Des deux qui restaient, l'un fut monté par le second avec quatorze ou quinze hommes de l'équipage, l'autre par un matelot nommé Clarkson et onze autres avec lui. — Il était alors midi passé et l'on voyait que le bateau ne pouvait flotter encore longtemps; le capitaine et le chirurgien Hughes se tenaient sur le pont, tous les autres, excepté ceux qui étaient dans les deux canots, étaient réunis sur l'avant du navire où ils essayaient de lancer le grand radeau de sauvetage; c'est là que se trouvaient à ce moment M. Ricketts et tous les électriciens qui n'avaient pas cessé de travailler et avaient

puissamment aidé les matelots dans toutes les manœuvres.

Le dénoûment fatal ne se fit pas attendre, car à midi et demi le *La Plata* sombrait entièrement; le canot monté par Clarkson se touva à flot et fut heureusement écarté du navire par une vague quand celui-ci s'enfonça; mais l'autre canot ne put se dégager aussi facilement, il chavira aussitôt et trois de ses passagers seulement purent gagner l'autre chaloupe. — A l'instant où le navire disparut le pont fit explosion avec un bruit comparable à une décharge d'artillerie; cette explosion, due à la compression de l'air dans la cale, lança le grand mât comme une flèche; il est très-probable que la plupart de ceux qui restaient à bord furent instantanément tués par cette explosion, ou par les débris du navire qui tombèrent sur eux, car Clarkson n'a vu qu'un seul homme qui flottait sur une épave : c'était le boulanger, mais le malheureux fut enlevé par une vague avant qu'on pût venir à son secours. Le radeau de sauvetage surnagea, mais renversé et sans personne dessus. — Le canot avait maintenant quinze passagers, Clarkson le gouvernait, et c'est à sa vigilance et à son habileté en tenant toujours l'avant debout aux lames, que ses compagnons doivent la vie; ils ne cessaient de ramer, et vers le soir ils aperçurent un bateau à vapeur, mais qui continua sa route sans voir leurs signaux de détresse. Ils passèrent la nuit au milieu de grands dangers, et quoiqu'ils n'eussent rien mangé depuis la veille, personne ne se plaignait de la faim, cependant le mousse commençait déjà à avoir la raison un peu ébranlée. — Au point du jour ils aperçurent un navire qui, à leur grande joie, venait directement à eux, et à midi ils furent tous recueillis à son bord : c'était *le Gareloch* qui se rendait à Otago avec des émigrants. A peine les nau-

fragés eurent-ils pris un peu de nourriture que le bateau à vapeur *le Antenor* passa près d'eux, et comme il faisait route pour Londres, ils furent transférés à bord et arrivèrent bientôt dans la Tamise, tous excepté le petit mousse que l'on avait fait coucher à bord du *Gareloch*, le médecin jugeant dangereux de le réveiller.

On avait cru d'abord que les quinze hommes dont nous venons de parler étaient les seuls sauvés du naufrage, et Clarkson avait affirmé qu'avant d'avoir quitté le lieu du sinistre il s'était assuré que personne ne restait à la surface de l'eau; cependant il se trompait, car le 3 décembre une dépêche reçue de Gibraltar annonçait que la veille dans l'après-midi, c'est-à-dire plus de trois jours après le naufrage, M. Lamont, le contre-maître, et M. Hooper, le quartier maître du *La Plata*, avaient été rencontrés flottant sur une épave en pleine mer par la goëlette hollandaise le *Willem-Beukelzoon* et que le lendemain ils avaient été débarqués à Gibraltar. Il paraît qu'ils furent engloutis avec le *La Plata*, mais qu'ils revinrent à la surface et se hissèrent sur une épave si petite qu'elle s'enfonçait tout à fait dans l'eau sous leur poids; c'est dans cette position, c'est-à-dire avec une grande partie de leur corps constamment dans l'eau, sans pouvoir remuer de peur de tomber de leur épave, craignant d'être enlevés par chaque vague, et naturellement sans aucune nourriture, que ces deux hommes ont passé trois jours et trois nuits. Il est vraiment prodigieux qu'ils aient eu la force et le courage de résister si longtemps. — Plusieurs navires passèrent près d'eux, mais sans les apercevoir; enfin l'équipage du *Willem Benkelzoon* les vit et les secourut, au dernier moment ils conservèrent assez de force pour quitter leur épave et nager vers le bâtiment sauveteur. — Ainsi sur un total de soixante-treize personnes

embarquées sur le *La Plata*, cinquante-six ont péri, y compris le capitaine et tous les électriciens et ingénieurs.

Certaines personnes ont fait courir le bruit que le *La Plata* n'a pu résister à la tempête à cause de son chargement exagéré; une semblable opinion paraît très-hasardée. Le navire jaugeait 1.656 tonnes; les 300 kilomètres de câble qu'il avait à bord pesaient 765 tonnes; il y avait 79 tonnes de matériel pour lignes terrestres, 55 tonnes de bouées, de chaînes, de grappins, etc., etc., 36 tonnes de machines pour pose et relèvement du câble, et finalement 266 tonnes de charbon, formant un poids total de 1.201 tonnes et par suite laissant ainsi une marge de 455 tonnes au-dessous de la jauge normale. — MM. Siemens auraient eu tout intérêt à mettre à bord assez de charbon pour permettre au navire de terminer l'opération de la pose sans renouveler son approvisionnement à Rio de Janeiro; mais ils ne l'avaient pas fait par excès de prudence et afin de laisser le navire dans les meilleures conditions possibles pour effectuer son voyage jusqu'à l'Amérique du Sud. — Il nous semble plus sage de s'abstenir de tout jugement en attendant le résultat de l'enquête qui doit être faite par le Board of trade et qui nous éclairera sur les véritables causes de cet effroyable désastre.

J. Aylmer.

Le récit qui précède et que nous devons à l'obligeance de M. Aylmer, ancien électricien de la maison Siemens et aujourd'hui représentant à Paris de sir C. Wheatstone, montre à quels dangers spéciaux de navigation sont exposés les navires porteurs de câbles, en raison même de la nature de la cargaison, dont il est impossible de se débarrasser promptement dans les moments les plus critiques. L'article suivant, extrait du *Sémaphore de Marseille*, et déjà reproduit par le *Journal télégraphique international* du 25 juillet 1874, énumère les dan-

gers d'un autre ordre résultant pour eux de la nature des opérations auxquelles ils sont destinés, qu'il s'agisse de la pose, du relèvement ou du dragage d'un câble.

Les collisions en mer et les steamers télégraphiques. — Le *Sémaphore* du 23 juin a annoncé que la commission parlementaire, chargée de l'examen du projet de loi sur les collisions en mer, a émis le vœu qu'une commission d'étude soit constituée et qu'un congrès international soit chargé d'apporter les modification nécessaires aux règles actuelles de la route à la mer et de l'éclairage des navires.

Nous espérons que ces commissions étudieront pareillement les moyens propres à éviter les désastres auxquels sont exposés les navires télégraphiques durant le cours de leurs opérations. La perte récente du *Gomos*, chargé d'établir un câble sous-marin sur la côte du Brésil, et celle du *Robert-Lowe* au commencement de l'hiver dernier, dans les parages de Terre-Neuve, doivent donner l'éveil sur la situation particulière de ces navires à la mer.

Les six grandes compagnies anglaises de construction des câbles sous-marins possèdent chacune deux ou trois vapeurs spéciaux ; les compagnies d'exploitation en ont aussi dans toutes les mers du globe en nombre assez considérable. Le Gouvernement français en a armé deux et le Gouvernement italien un autre. Il y a donc actuellement un flotte télégraphique d'au moins trente navires, travaillant presque constamment, et bien que cette flotte soit régie par certains règlements, on ne trouve aucune trace de ces règlements dans le Code commercial maritime et international des signaux. Ces règlements sont parfaitement connus des navires qui doivent les prati-

quer, mais ils restent sans utilité pour les autres navires qui ne peuvent les comprendre.

Les travaux d'un vapeur télégraphique à la mer sont, en effet, d'une nature toute spéciale, et l'obligent à une navigation extraordinaire, qui doit, dans bien des cas, frapper d'étonnement les navires qu'il rencontre. Parfois il va à la dérive par le travers, traînant en queue une haussière formidable, ou bien il marche à toute vapeur, pour s'arrêter de nouveau et dériver encore avec le courant. Puis c'est une bouée qu'il frappe ou relève, ou bien il se dirige droit dans la route des autres navires avec un cordage à l'avant qui le fait croire à l'ancre, bien qu'il soit, en réalité, en marche sur des fonds assez grands pour qu'il soit impossible de croire qu'il ait pu jeter l'ancre. Les navigateurs s'étonnent alors de voir tout l'équipage de ce vapeur réuni sur l'avant ou dans des canots ramant activement autour de lui. Les roues et les machines dont le pont, l'avant et l'arrière du vapeur sont garnis ne sont pas moins étonnants pour le navigateur ordinaire, et lorsqu'il voit ce vapeur reprendre sa route, en filant par l'arrière un mince cordage, qui n'a l'air d'aboutir à rien, et qu'il voit en même temps toute la machinerie évoluer à la vitesse d'un train de chemin de fer, le marin qui ignore ce qu'est un vapeur télégraphique, reste songeur et surpris. Mais c'est surtout pendant la nuit que ce vapeur est un sujet d'étonnement et parfois de terreur. S'il relève un câble, il a ses machines en mouvement, et cependant il ne paraît pas avancer ; tandis que les nombreuses lampes marines dont le pont est couvert, les jets de vapeur qui se projettent de tous côtés, le bruit de la machinerie, augmenté de celui des voix d'un nombreux équipage, tout est de nature à faire croire aux personnes non initiées qu'elles sont en pré-

sence de quelque chose d'extraordinaire et de merveilleux. Il est souvent arrivé, en pareil cas, que plusieurs navires ainsi surpris se sont détournés de leur route pour venir offrir assistance au vapeur du télégraphe. Mais si ce navire est un sujet d'étonnement pour le navigateur ordinaire, celui-ci est, en revanche et surtout la nuit, un véritable objet de terreur pour le vapeur du câble. Il lui faut souvent travailler dans des parages où la navigation est très-active (la Manche, par exemple), et il n'est pas toujours facile de se ranger à temps des autres navires, pendant la pose d'un câble et encore moins lors du relèvement. Durant la pose on peut, bien entendu, changer de route, jusqu'à un certain point, sans autre désavantage que celui de déposer le câble où il n'est pas nécessaire de le faire, peut-être sur un mauvais terrain ; en tout cas, c'est une perte inutile. Mais lors du relèvement, surtout si le câble est profondément enfoui dans le sable, le vapeur est pratiquement comme un navire à l'ancre.

Le seul moyen d'éviter une collision, si le navire qui vient à la rencontre ne se détourne pas entièrement de sa route, consiste à couper le câble; et si c'est un de ces gros cordons à forte armature, en usage dans les mers peu profondes, ce n'est pas une opération que la hache du charpentier puisse compléter en quelques coups. Mais c'est surtout quand un câble vient d'être ramené à fleur d'eau par le grappin, et qu'il est fixé par des chaînes aux flancs du navire, que la position devient terrible et critique en cas de recontre. Dans ce cas, le câble ne peut être coupé à la hache, et il faut du temps pour le scier à la lime, pendant qu'il est retenu par des chaînes que son poids rend presque impossible à détacher.

En pareil cas, le vapeur télégraphique devrait être considéré comme à l'ancre et évité, en conséquence, par

tous les autres bateaux faisant route. Les opérations de relèvement sont souvent faites à de grandes distances de la terre, parfois dans des parages où les vaisseaux n'ancrent jamais, et sur la route ordinaire d'un trafic considérable. Dans ces parages, la situation est fréquemment dangereuse. Les maîtres de navires croient impossible qu'un vapeur puisse être à l'ancre en pareil lieu et agissent en conséquence.

La nécessité d'un signal spécial, dénotant un vapeur télégraphique au travail, a fait l'objet d'un rapport, que sir Sanuel Canning a adressé, dès 1859, au *Board of Trade;* il en est résulté l'ordre à ces navires de porter, au haut du mât de misaine et durant leurs opérations, deux balles noires pendant le jour, et deux feux rouges pendant la nuit. Nous avons déjà dit que ce règlement est inconnu à la marine en général, et ne peut être d'aucune utilité, s'il ne doit être pratiqué (comme les lois de la franc-maçonnerie) qu'entre adeptes. Le règlement du *Board of Trade* ne paraît d'ailleurs pas exiger des autres navires qu'ils changent leur route et se rangent entièrement des vapeurs portant les signaux indiqués plus haut.

Un autre point important, qui reste indéfini, se rapporte aux feux réglementaires des navires télégraphiques.

Les règlements actuels exigent que tout navire en route porte les feux bien connus, rouge à bâbord, vert à tribord.

Lorsqu'un vapeur télégraphique pose un câble, il est, bien entendu, soumis à la règle de la route; bien que, comme nous l'avons déjà dit, cela puisse avoir des inconvénients, principalement dans le cas où le steamer se dirige sur une bouée amarrée à une extrémité de câble, que l'on doit ressouder à celle que l'on pose. Lorsque ce vapeur tient, au contraire, le balant d'un câble relevé,

fixé à l'avant, il ne peut y avoir aucun doute qu'il est alors amarré aussi parfaitement qu'il est possible de l'être à un objet flottant, et qu'il est parfaitement impuissant à éviter un autre navire, et tout porte à croire qu'aucune cour d'amirauté ne pourrait trouver à redire si ce navire retirait ses feux de couleur pour ne montrer à son mât que les feux réguliers qui indiquent qu'il est à l'ancre. Il faut reconnaître, toutefois, qu'aucun règlement n'a prévu ce cas et, comme aucun précédent n'a pu le régler devant une cour de justice, il est bien évident qu'il devra être examiné attentivement par la commission d'étude et le Congrès international.

Pendant le relèvement d'un câble, il serait, en effet, bien difficile, en cas de collision, de décider, la loi en main, si le bateau du télégraphe doit, ou ne doit pas, montrer ses feux de couleur réglementaire, et il serait même impossible de prononcer que le navire était à l'ancre ou en route, car on relève souvent les câbles à la vitesse d'un nœud et demi et deux nœuds à l'heure, quelquefois même plus vite. Si cette opération se fait contre un courant de marée de trois nœuds, le vapeur traversera l'eau à la vitesse de 5 milles à l'heure. Dans un sens, un navire se trouve en marche dans de pareilles conditions et paraîtrait, la nuit surtout, marcher réellement à la vitesse de 5 milles à l'heure, en exceptant, bien entendu, les particularités de lumières et de bruit dont nous avons parlé déjà. Mais si le vapeur porte ses feux réglementaires, les autres navires attendront de lui qu'il suive la règle de la route et qu'il passe au vent du navire à voile, ou qu'il gouverne à bâbord pour un autre steamer marchant droit sur lui, et qu'il suive, en un mot et d'après les cas, toutes les modifications inscrites au règlement.

plaques. A travers le plateau, puis au moyen de fil métallique recouvert, chaque couple est en communication avec les bornes d'un même récepteur. En un mot, chaque récepteur est représenté dans la double rainure par un couple de petites plaques métalliques avec lequel il est en relation par dérivation. Si donc on touche avec les deux électrodes d'une pile l'un quelconque de ces couples, on fait fonctionner le récepteur qui lui correspond.

« Cela posé, prenons à la main une petite pince dont les deux branches métalliques, isolées l'une de l'autre, soient en communication avec les deux électrodes d'une pile. Si l'on parcourt avec cette pince la double rainure en frottant successivement avec les deux branches chaque couple des petites plaques métalliques, on aura envoyé un courant électrique dans tous les récepteurs.

« Or l'office de la pince sera rempli par un chariot frotteur muni de deux dents métalliques qui s'engagent dans la double rainure; elles sont isolées l'une de l'autre et communiquent avec les deux électrodes d'une pile. Ce chariot est porté par un bras horizontal placé au-dessus de la table et peut tourner autour d'un axe passant par le centre de celui-ci. On fait tourner ce bras au moyen d'une manivelle. Un simple tour du chariot dans la double rainure suffira donc pour faire passer le courant électrique dans tous les récepteurs en temps utile, c'est-à-dire après la contre-épreuve. Les appareils qui n'ont pas fonctionné pendant le vote seront alors déchargés; les autres fonctionneront à vide, ce qui est sans importance.

« Nous n'avons pas parlé du moteur. Les organes mis en jeu offrant peu de résistance, on emploiera des poids ou simplement des manivelles actionnées par un homme.

On pourrait encore installer une machine motrice électro-magnétique utilisant toutes les piles qui ne sont mises en activité qu'au moment de l'émission des votes et sont toujours libres lors du fonctionnement des organes mécaniques. Nous omettons également quelques dispositions secondaires que nous avons ajoutées à notre projet primitif; ainsi un numérotage des boules, l'emploi d'un compteur pour contrôler rapidement les données fournies par les pesées, etc.

« Nous dirons pour terminer que l'installation de notre système pour l'usage d'une assemblée composée de 700 membres exigerait un espace de 4 mètres cubes environ. Le coût de cette installation pourrait s'élever à 60.000 francs. Quant aux frais d'entretien, ils seraient de peu d'importance. »

On a fait à l'emploi des télégraphes à voter deux sortes d'objections : les unes sont relatives aux dérangements qui peuvent survenir dans un aussi grand nombre d'organes mécaniques devant fonctionner simultanément, les autres sont tirées de considérations psychologiques. Aucune d'elles ne nous paraît fondée.

Les deux tableaux *pour* et *contre* renferment à la vérité quinze cents électro-aimants, autant d'armatures, de ressorts, etc., et si toutes ces pièces devaient être réunies en une seule machine, si leur jeu devait se combiner en vue de produire un effet unique, on pourrait être justement effrayé d'une telle complication; mais elles sont réparties en une série de cases indépendantes formant autant de petits appareils distincts, d'une construction simple, robuste et présentant les garanties d'un fonctionnement régulier.

Si d'ailleurs on hésitait à employer les appareils

électro-magnétiques, soit par crainte des dérangements qui pourraient s'y produire, soit à cause de la dépense qui en résulterait, — ce que, en nous plaçant à ce dernier point de vue, nous concevrions, — on pourrait adopter purement et simplement la *presse électro-chimique* qui ne comporte, elle, ni électro-aimant, ni mécanisme d'aucune sorte, qui ne peut, par conséquent, donner lieu à aucun dérangement ni à aucune erreur, et dont le prix serait insignifiant.

Restent les objections tirées : 1° du changement que ce nouveau mode de votation introduirait dans les habitudes parlementaires ; 2° des facilités plus grandes que le système des bulletins et des urnes est censé accorder aux députés d'un même groupe pour se concerter entre eux avant de déposer leur vote ; enfin 3° de la latitude que le procédé actuel laisse aux membres que la discussion n'a pas suffisamment édifiés et qui attendent parfois jusqu'au dernier moment pour prendre une résolution.

Ces diverses considérations sont plutôt spécieuses que fondées.

Le changement que l'emploi d'un appareil à voter pourrait apporter dans les habitudes parlementaires ne serait nullement gênant, et il ne saurait être mal accueilli par une Assemblée dont il économiserait le temps et par un bureau dont il simplifierait le travail.

Nous ne voyons pas non plus pourquoi il empêcherait les membres d'un même côté de la Chambre de s'entendre avant de voter, comme ils le font aujourd'hui : il serait accordé, selon l'importance de la question soumise au scrutin, dix, quinze ou même vingt minutes à l'Assemblée pour émettre son vote, et personne n'aurait à se hâter plus qu'on ne le fait actuellement. Quant aux membres que les débats auraient laissés indécis, dix à vingt mi-

nutes de réflexion ou d'entretien avec leurs collègues suffiraient certainement pour leur permettre de se former une opinion et de l'exprimer.

Nous croyons avoir répondu aux principales objections qui ont été faites à l'emploi des appareils à voter ; il serait sans doute aisé de réfuter de même toutes celles qui pourraient se produire. Ainsi que nous l'avons dit au commencement de cet article, la question n'est pas nouvelle, elle est posée depuis longtemps déjà, tant en France qu'à l'étranger ; l'Assemblée nationale en est aujourd'hui saisie, et nous ne doutons pas qu'elle n'apprécie l'utilité d'une innovation qui intéresse aussi directement la marche de ses travaux.

H. Cl.

LES SINISTRES MARITIMES

ET LES STEAMERS TÉLÉGRAPHIQUES.

Naufrage du *La Plata*. — Le commencement de l'hiver est presque toujours marqué par un grand nombre de désastres en mer ; dans les derniers mois de chaque année la liste des naufrages s'allonge subitement, et les récits de sinistres maritimes, trop souvent accompagnés du sacrifice de nombreuses existences, appellent journellement l'attention et la sympathie publiques. — Les deux premiers mois de l'hiver actuel n'ont pas fait exception à la règle ; au contraire, les tempêtes ont été des plus violentes, beaucoup de navires ont été perdus, engloutissant avec eux des centaines de victimes.

Un des plus désastreux pàrmi ces sinistres nous intéresse tout particulièrement, c'est la destruction totale, presqu'en vue des côtes de la Bretagne, du *La Plata*, magnifique navire à hélice, qui était exclusivement employé à la pose des câbles télégraphiques sous-marins. Ce naufrage eut lieu vers la fin de novembre dernier à une faible distance de l'île d'Ouessant, à l'ouest du port de Brest, et entraîna la mort de la plupart des malheureux qui se trouvaient à bord : des ingénieurs et électriciens, chargés de la pose du câble, pas un seul n'échappa.

Le *La Plata* était la propriété de M. Henley de Londres, bien connu comme fabricant de câbles télégraphiques ; c'était un beau navire, très-bien construit, avec coque en fer, jaugeant officiellement 1.218 tonnes ; il

était employé par M. Henley depuis plusieurs années pour la pose des câbles sous-marins et était spécialement aménagé à cet effet ; en dernier lieu, il avait immergé dans la mer Noire le câble reliant Odessa et Constantinople, opération qui réussit parfaitement. Puis il avait été frété par MM. Siemens frères, les grands constructeurs télégraphiques de Londres, pour la pose entre Rio del Sul et la rivière Chuy au Brésil, d'un câble de 300 kilomètres fabriqué par MM. Siemens pour la compagnie télégraphique Platino-Braziliera ; cette section devait compléter le réseau de la compagnie ; un premier câble ayant exactement la même destination s'était déjà perdu dans le courant du mois de mai dernier avec le navire *le Gomos* qui le transportait.

Le *La Plata* était commandé par le capitaine Dudden, l'équipage se composait de cinquante-six hommes, y compris le chirurgien M. Hughes ; en outre, il y avait à bord seize employés de la maison Siemens, ingénieurs et électriciens pour la pose du câble ; ces derniers étaient sous les ordres de M. Ricketts, ingénieur en chef, chargé de la haute surveillance de toute l'expédition. L'équipage était suffisamment nombreux, le navire pourvu de tout ce qu'il faut pour naviguer dans de bonnes conditions ; son armement habituel ne comportait que quatre canots, mais un cinquième fut ajouté par les soins de MM. Siemens avant le départ, ainsi que deux radeaux de sauvetage, dont un pouvait porter un chargement de 25 tonnes.

Le bateau quitta l'usine de MM. Siemens située à Charlton sur la Tamise, le lundi 23 novembre, et, au point du jour, le vendredi suivant, il se trouvait près de l'île de Wight où il débarqua le pilote et continua sa route vers le sud. Le soir du même jour, le vent s'élevait et soufflait avec une telle violence que le navire ne pouvait

guère filer plus de quatre nœuds à l'heure, de sorte que ce ne fut que le dimanche matin, après avoir achevé la traversée de la Manche, qu'il se trouva en face des côtes de la Bretagne et dépassa l'île d'Ouessant. Ici eut lieu le premier malheur : deux énormes vagues envahissant le pont en même temps le balayèrent d'un bout à l'autre, enlevant deux des canots de sauvetage, et du même coup un matelot, sans qu'il fût possible à ses compagnons de venir à son secours.

La mer était très-grosse et le bateau roulait beaucoup; on réussit à grande peine à tendre la grand'voile afin de tenir la proue au vent, mais la voile fut bientôt mise en lambeaux par l'ouragan. — Entre huit et neuf heures, le chef mécanicien fit savoir au capitaine qu'une voie d'eau s'était déclarée, et que la mer pénétrait par les soutes à charbon en telle abondance que dans une heure les feux des chaudières seraient éteints. Immédiatement on fit fonctionner la pompe à vapeur qui enleva d'énormes quantités d'eau de la cale. — On vit alors qu'il fallait tout sacrifier pour empêcher le navire de sombrer, et l'on se décida à jeter le câble à la mer pour alléger le bateau qui commençait déjà à s'enfoncer ; il aurait été très-dangereux d'ouvrir l'écoutille, car les vagues qui envahissaient le pont à chaque instant auraient rempli la cuve ; on fit une ouverture à travers le magasin général, par laquelle on passa le bout du câble à l'avant et on le laissa filer à la mer ; mais lorsque 25 kilomètres environ eurent été jetés, on reconnut que le mal était trop grave pour que l'on pût y porter remède en diminuant le poids du chargement, et l'on coupa le câble, abandonnant les 25 kilomètres à la mer. — Pendant ce temps l'eau avait atteint le niveau des fourneaux et la vapeur faisant défaut la pompe ne marchait plus. — Quoique le bateau

s'enfonçât de plus en plus et n'obéît plus au gouvernail, on essaya comme dernière ressource de chauffer une petite pompe à vapeur qui était sur le pont; le charbon était trop mouillé, mais on parvint à obtenir de la pression en alimentant le feu avec des déchets de coton arrosés de pétrole; la petite machine se comporta bravement pendant quelque temps, jusqu'à ce qu'une énorme vague envahît son foyer et l'éteignît à tout jamais. — Il était évident que tout avait été fait, mais en vain, pour sauver le navire, et qu'il n'y avait plus de salut pour les hommes que dans les embarcations. — L'ouragan devenait de plus en plus fort, et la mer était, au dire même des matelots, affreuse à voir; l'équipage était dans une position des plus critiques, cependant l'ordre le plus parfait ne cessa de régner; le capitaine Dudden donnait l'exemple du calme et du sang-froid; il ne quitta pas le pont un seul instant depuis le jeudi matin jusqu'au moment où il fut englouti avec le navire dans l'après-midi du dimanche.

On se mit à préparer les canots: deux d'entre eux avaient été déjà enlevés par la mer, un troisième subit bientôt le même sort: c'était celui que MM. Siemens avaient fait mettre à bord. — Des deux qui restaient, l'un fut monté par le second avec quatorze ou quinze hommes de l'équipage, l'autre par un matelot nommé Clarkson et onze autres avec lui. — Il était alors midi passé et l'on voyait que le bateau ne pouvait flotter encore longtemps; le capitaine et le chirurgien Hughes se tenaient sur le pont, tous les autres, excepté ceux qui étaient dans les deux canots, étaient réunis sur l'avant du navire où ils essayaient de lancer le grand radeau de sauvetage; c'est là que se trouvaient à ce moment M. Ricketts et tous les électriciens qui n'avaient pas cessé de travailler et avaient

puissamment aidé les matelots dans toutes les manœuvres.

Le dénoûment fatal ne se fit pas attendre, car à midi et demi le *La Plata* sombrait entièrement; le canot monté par Clarkson se touva à flot et fut heureusement écarté du navire par une vague quand celui-ci s'enfonça; mais l'autre canot ne put se dégager aussi facilement, il chavira aussitôt et trois de ses passagers seulement purent gagner l'autre chaloupe. — A l'instant où le navire disparut le pont fit explosion avec un bruit comparable à une décharge d'artillerie; cette explosion, due à la compression de l'air dans la cale, lança le grand mât comme une flèche; il est très-probable que la plupart de ceux qui restaient à bord furent instantanément tués par cette explosion, ou par les débris du navire qui tombèrent sur eux, car Clarkson n'a vu qu'un seul homme qui flottait sur une épave : c'était le boulanger, mais le malheureux fut enlevé par une vague avant qu'on pût venir à son secours. Le radeau de sauvetage surnagea, mais renversé et sans personne dessus. — Le canot avait maintenant quinze passagers, Clarkson le gouvernait, et c'est à sa vigilance et à son habileté en tenant toujours l'avant debout aux lames, que ses compagnons doivent la vie; ils ne cessaient de ramer, et vers le soir ils aperçurent un bateau à vapeur, mais qui continua sa route sans voir leurs signaux de détresse. Ils passèrent la nuit au milieu de grands dangers, et quoiqu'ils n'eussent rien mangé depuis la veille, personne ne se plaignait de la faim, cependant le mousse commençait déjà à avoir la raison un peu ébranlée. — Au point du jour ils aperçurent un navire qui, à leur grande joie, venait directement à eux, et à midi ils furent tous recueillis à son bord : c'était *le Gareloch* qui se rendait à Otago avec des émigrants. A peine les nau-

frагés eurent-ils pris un peu de nourriture que le bateau à vapeur *le Antenor* passa près d'eux, et comme il faisait route pour Londres, ils furent transférés à bord et arrivèrent bientôt dans la Tamise, tous excepté le petit mousse que l'on avait fait coucher à bord du *Gareloch*, le médecin jugeant dangereux de le réveiller.

On avait cru d'abord que les quinze hommes dont nous venons de parler étaient les seuls sauvés du naufrage, et Clarkson avait affirmé qu'avant d'avoir quitté le lieu du sinistre il s'était assuré que personne ne restait à la surface de l'eau; cependant il se trompait, car le 3 décembre une dépêche reçue de Gibraltar annonçait que la veille dans l'après-midi, c'est-à-dire plus de trois jours après le naufrage, M. Lamont, le contre-maître, et M. Hooper, le quartier maître du *La Plata*, avaient été rencontrés flottant sur une épave en pleine mer par la goëlette hollandaise le *Willem-Beukelzoon* et que le lendemain ils avaient été débarqués à Gibraltar. Il paraît qu'ils furent engloutis avec le *La Plata*, mais qu'ils revinrent à la surface et se hissèrent sur une épave si petite qu'elle s'enfonçait tout à fait dans l'eau sous leur poids; c'est dans cette position, c'est-à-dire avec une grande partie de leur corps constamment dans l'eau, sans pouvoir remuer de peur de tomber de leur épave, craignant d'être enlevés par chaque vague, et naturellement sans aucune nourriture, que ces deux hommes ont passé trois jours et trois nuits. Il est vraiment prodigieux qu'ils aient eu la force et le courage de résister si longtemps. — Plusieurs navires passèrent près d'eux, mais sans les apercevoir; enfin l'équipage du *Willem Benkelzoon* les vit et les secourut, au dernier moment ils conservèrent assez de force pour quitter leur épave et nager vers le bâtiment sauveteur. — Ainsi sur un total de soixante-treize personnes

embarquées sur le *La Plata*, cinquante-six ont péri, y compris le capitaine et tous les électriciens et ingénieurs.

Certaines personnes ont fait courir le bruit que le *La Plata* n'a pu résister à la tempête à cause de son chargement exagéré; une semblable opinion paraît très-hasardée. Le navire jaugeait 1.656 tonnes; les 300 kilomètres de câble qu'il avait à bord pesaient 765 tonnes; il y avait 79 tonnes de matériel pour lignes terrestres, 55 tonnes de bouées, de chaînes, de grappins, etc., etc., 36 tonnes de machines pour pose et relèvement du câble, et finalement 266 tonnes de charbon, formant un poids total de 1.201 tonnes et par suite laissant ainsi une marge de 455 tonnes au-dessous de la jauge normale. — MM. Siemens auraient eu tout intérêt à mettre à bord assez de charbon pour permettre au navire de terminer l'opération de la pose sans renouveler son approvisionnement à Rio de Janeiro; mais ils ne l'avaient pas fait par excès de prudence et afin de laisser le navire dans les meilleures conditions possibles pour effectuer son voyage jusqu'à l'Amérique du Sud. — Il nous semble plus sage de s'abstenir de tout jugement en attendant le résultat de l'enquête qui doit être faite par le Board of trade et qui nous éclairera sur les véritables causes de cet effroyable désastre.

J. Aylmer.

Le récit qui précède et que nous devons à l'obligeance de M. Aylmer, ancien électricien de la maison Siemens et aujourd'hui représentant à Paris de sir C. Wheatstone, montre à quels dangers spéciaux de navigation sont exposés les navires porteurs de câbles, en raison même de la nature de la cargaison, dont il est impossible de se débarrasser promptement dans les moments les plus critiques. L'article suivant, extrait du *Sémaphore de Marseille*, et déjà reproduit par le *Journal télégraphique international* du 25 juillet 1874, énumère les dan-

gers d'un autre ordre résultant pour eux de la nature des opérations auxquelles ils sont destinés, qu'il s'agisse de la pose, du relèvement ou du dragage d'un câble.

Les collisions en mer et les steamers télégraphiques. — Le *Sémaphore* du 23 juin a annoncé que la commission parlementaire, chargée de l'examen du projet de loi sur les collisions en mer, a émis le vœu qu'une commission d'étude soit constituée et qu'un congrès international soit chargé d'apporter les modification nécessaires aux règles actuelles de la route à la mer et de l'éclairage des navires.

Nous espérons que ces commissions étudieront pareillement les moyens propres à éviter les désastres auxquels sont exposés les navires télégraphiques durant le cours de leurs opérations. La perte récente du *Gomos*, chargé d'établir un câble sous-marin sur la côte du Brésil, et celle du *Robert-Lowe* au commencement de l'hiver dernier, dans les parages de Terre-Neuve, doivent donner l'éveil sur la situation particulière de ces navires à la mer.

Les six grandes compagnies anglaises de construction des câbles sous-marins possèdent chacune deux ou trois vapeurs spéciaux; les compagnies d'exploitation en ont aussi dans toutes les mers du globe en nombre assez considérable. Le Gouvernement français en a armé deux et le Gouvernement italien un autre. Il y a donc actuellement un flotte télégraphique d'au moins trente navires, travaillant presque constamment, et bien que cette flotte soit régie par certains règlements, on ne trouve aucune trace de ces règlements dans le Code commercial maritime et international des signaux. Ces règlements sont parfaitement connus des navires qui doivent les prati-

quer, mais ils restent sans utilité pour les autres navires qui ne peuvent les comprendre.

Les travaux d'un vapeur télégraphique à la mer sont, en effet, d'une nature toute spéciale, et l'obligent à une navigation extraordinaire, qui doit, dans bien des cas, frapper d'étonnement les navires qu'il rencontre. Parfois il va à la dérive par le travers, traînant en queue une haussière formidable, ou bien il marche à toute vapeur, pour s'arrêter de nouveau et dériver encore avec le courant. Puis c'est une bouée qu'il frappe ou relève, ou bien il se dirige droit dans la route des autres navires avec un cordage à l'avant qui le fait croire à l'ancre, bien qu'il soit, en réalité, en marche sur des fonds assez grands pour qu'il soit impossible de croire qu'il ait pu jeter l'ancre. Les navigateurs s'étonnent alors de voir tout l'équipage de ce vapeur réuni sur l'avant ou dans des canots ramant activement autour de lui. Les roues et les machines dont le pont, l'avant et l'arrière du vapeur sont garnis ne sont pas moins étonnants pour le navigateur ordinaire, et lorsqu'il voit ce vapeur reprendre sa route, en filant par l'arrière un mince cordage, qui n'a l'air d'aboutir à rien, et qu'il voit en même temps toute la machinerie évoluer à la vitesse d'un train de chemin de fer, le marin qui ignore ce qu'est un vapeur télégraphique, reste songeur et surpris. Mais c'est surtout pendant la nuit que ce vapeur est un sujet d'étonnement et parfois de terreur. S'il relève un câble, il a ses machines en mouvement, et cependant il ne paraît pas avancer ; tandis que les nombreuses lampes marines dont le pont est couvert, les jets de vapeur qui se projettent de tous côtés, le bruit de la machinerie, augmenté de celui des voix d'un nombreux équipage, tout est de nature à faire croire aux personnes non initiées qu'elles sont en pré-

sence de quelque chose d'extraordinaire et de merveilleux. Il est souvent arrivé, en pareil cas, que plusieurs navires ainsi surpris se sont détournés de leur route pour venir offrir assistance au vapeur du télégraphe. Mais si ce navire est un sujet d'étonnement pour le navigateur ordinaire, celui-ci est, en revanche et surtout la nuit, un véritable objet de terreur pour le vapeur du câble. Il lui faut souvent travailler dans des parages où la navigation est très-active (la Manche, par exemple), et il n'est pas toujours facile de se ranger à temps des autres navires, pendant la pose d'un câble et encore moins lors du relèvement. Durant la pose on peut, bien entendu, changer de route, jusqu'à un certain point, sans autre désavantage que celui de déposer le câble où il n'est pas nécessaire de le faire, peut-être sur un mauvais terrain ; en tout cas, c'est une perte inutile. Mais lors du relèvement, surtout si le câble est profondément enfoui dans le sable, le vapeur est pratiquement comme un navire à l'ancre.

Le seul moyen d'éviter une collision, si le navire qui vient à la rencontre ne se détourne pas entièrement de sa route, consiste à couper le câble; et si c'est un de ces gros cordons à forte armature, en usage dans les mers peu profondes, ce n'est pas une opération que la hache du charpentier puisse compléter en quelques coups. Mais c'est surtout quand un câble vient d'être ramené à fleur d'eau par le grappin, et qu'il est fixé par des chaînes aux flancs du navire, que la position devient terrible et critique en cas de recontre. Dans ce cas, le câble ne peut être coupé à la hache, et il faut du temps pour le scier à la lime, pendant qu'il est retenu par des chaînes que son poids rend presque impossible à détacher.

En pareil cas, le vapeur télégraphique devrait être considéré comme à l'ancre et évité, en conséquence, par

tous les autres bateaux faisant route. Les opérations de relèvement sont souvent faites à de grandes distances de la terre, parfois dans des parages où les vaisseaux n'ancrent jamais, et sur la route ordinaire d'un trafic considérable. Dans ces parages, la situation est fréquemment dangereuse. Les maîtres de navires croient impossible qu'un vapeur puisse être à l'ancre en pareil lieu et agissent en conséquence.

La nécessité d'un signal spécial, dénotant un vapeur télégraphique au travail, a fait l'objet d'un rapport, que sir Sanuel Canning a adressé, dès 1859, au *Board of Trade;* il en est résulté l'ordre à ces navires de porter, au haut du mât de misaine et durant leurs opérations, deux balles noires pendant le jour, et deux feux rouges pendant la nuit. Nous avons déjà dit que ce règlement est inconnu à la marine en général, et ne peut être d'aucune utilité, s'il ne doit être pratiqué (comme les lois de la franc-maçonnerie) qu'entre adeptes. Le règlement du *Board of Trade* ne paraît d'ailleurs pas exiger des autres navires qu'ils changent leur route et se rangent entièrement des vapeurs portant les signaux indiqués plus haut.

Un autre point important, qui reste indéfini, se rapporte aux feux réglementaires des navires télégraphiques.

Les règlements actuels exigent que tout navire en route porte les feux bien connus, rouge à bâbord, vert à tribord.

Lorsqu'un vapeur télégraphique pose un câble, il est, bien entendu, soumis à la règle de la route; bien que, comme nous l'avons déjà dit, cela puisse avoir des inconvénients, principalement dans le cas où le steamer se dirige sur une bouée amarrée à une extrémité de câble, que l'on doit ressouder à celle que l'on pose. Lorsque ce vapeur tient, au contraire, le balant d'un câble relevé,

fixé à l'avant, il ne peut y avoir aucun doute qu'il est alors amarré aussi parfaitement qu'il est possible de l'être à un objet flottant, et qu'il est parfaitement impuissant à éviter un autre navire, et tout porte à croire qu'aucune cour d'amirauté ne pourrait trouver à redire si ce navire retirait ses feux de couleur pour ne montrer à son mât que les feux réguliers qui indiquent qu'il est à l'ancre. Il faut reconnaître, toutefois, qu'aucun règlement n'a prévu ce cas et, comme aucun précédent n'a pu le régler devant une cour de justice, il est bien évident qu'il devra être examiné attentivement par la commission d'étude et le Congrès international.

Pendant le relèvement d'un câble, il serait, en effet, bien difficile, en cas de collision, de décider, la loi en main, si le bateau du télégraphe doit, ou ne doit pas, montrer ses feux de couleur réglementaire, et il serait même impossible de prononcer que le navire était à l'ancre ou en route, car on relève souvent les câbles à la vitesse d'un nœud et demi et deux nœuds à l'heure, quelquefois même plus vite. Si cette opération se fait contre un courant de marée de trois nœuds, le vapeur traversera l'eau à la vitesse de 5 milles à l'heure. Dans un sens, un navire se trouve en marche dans de pareilles conditions et paraîtrait, la nuit surtout, marcher réellement à la vitesse de 5 milles à l'heure, en exceptant, bien entendu, les particularités de lumières et de bruit dont nous avons parlé déjà. Mais si le vapeur porte ses feux réglementaires, les autres navires attendront de lui qu'il suive la règle de la route et qu'il passe au vent du navire à voile, ou qu'il gouverne à bâbord pour un autre steamer marchant droit sur lui, et qu'il suive, en un mot et d'après les cas, toutes les modifications inscrites au règlement.

Si le vapeur télégraphique ne portait pas ses feux réglementaires au moment de la collision, la première question qu'adresserait une cour d'amirauté à son capitaine serait celle-ci : «Faisiez-vous route» ? et il est fort probable qu'on déciderait qu'il devait montrer ses feux puisque aucun article du règlement ne l'en dispense en pareil cas. C'est là un des points essentiels que la commission d'étude et le Congrès international auront à examiner, car on comprendra aisément toute l'anxiété que l'imperfection des règlements actuels fait éprouver aux ingénieurs du télégraphe à la mer. Jusqu'à présent, les accidents ont été rares, et ceux que nous avons mentionnés relativement au *Gomos* et au *Robert-Lowe* se sont produits en dehors des opérations télégraphiques. L'occasion est bonne pour amener tous les Gouvernements à une entente commune sur une question qui a plus d'importance qu'elle ne paraît en avoir au premier abord. Il est possible de la régler d'un commun accord et de manière à lever tous les doutes, avant qu'une collision, désastreuse peut-être, se soit produite, et sans qu'il soit nécessaire de recourir alors à une cour d'amirauté pour fixer la loi.

BUREAU TÉLÉGRAPHIQUE DE LA BOURSE.

Un bureau télégraphique relié directement au poste central de Londres a été ouvert, le 11 janvier, dans le palais de la Bourse de Paris. Le poste central de Londres étant lui-même contigu au Stock-Exchange avec lequel il communique par des portes intérieures, les deux grands marchés financiers de l'Europe se trouvent ainsi en relation télégraphique directe.

Depuis plusieurs années déjà, l'attention de l'administration s'était portée sur l'utilité qu'offrirait l'établissement de semblables communications avec les principales Bourses; mais en prévision du développement que ce service spécial lui parut devoir prendre, elle se trouvait dans l'obligation de l'installer dès le début dans un emplacement assez vaste. De là des difficultés qui s'opposèrent longtemps à la réalisation de ce projet.

Les salles précédemment occupées dans le palais de la Bourse par le tribunal de commerce avaient tout d'abord paru remplir les conditions désirables, et c'est en effet à ce local qu'on s'arrêta définitivement ; mais l'affectation qui en a été faite au service de reconstruction des actes de l'état civil obligea d'attendre que le travail de reconstitution fût assez avancé pour que l'ont pût disposer d'une partie de l'emplacement qu'il occupait. Enfin, dans sa séance du 20 novembre 1874, le conseil municipal approuva la location par la Ville à l'État, de divers locaux qui pourront suffire en attendant l'achèvement de la reconstitution de l'état civil. On put, dès les

premiers jours de décembre, procéder à l'appropriation intérieure, à l'installation des lignes et des appareils, et, comme nous l'avons dit plus haut, le service commença le 11 janvier.

Le nouveau bureau est relié à celui de Londres par six fils desservis par des appareils Hughes; trois fils, munis de Morses, sont affectés à l'échange des dépêches de service avec les bureaux de la rue de Grenelle. Son système actuel de communication se complète par trois lignes de tubes atmosphériques : les deux premières transportent, l'une au bureau central de la rue de Grenelle, les dépêches destinées au réseau général, l'autre au bureau de la place de la Bourse, les dépêches à distribuer en dehors du palais; la troisième, au contraire, apporte les dépêches du réseau général qui doivent être distribuées en Bourse; ces dernières sont alors, soit remises aux gardiens du palais, soit déposés à des guichets spéciaux, où les destinaires les font prendre.

Le palais de la Bourse étant fermé à neuf heures du soir, le service de nuit continue à s'effectuer dans la salle spéciale qui lui était affectée dans l'ancien bureau ; ce dernier est réduit, pendant le jour, au service des tubes atmosphériques, auquel s'ajoute celui de la distribution dans la circonscription.

Il serait prématuré de rechercher en détail les résultats de cette récente transformation ; mais il est facile de constater qu'il s'est produit, ainsi qu'on devait s'y attendre, une certaine diminution dans les recettes du bureau central de la rue de Grenelle, tandis que le nouveau bureau est en progression par rapport aux recettes que faisait celui de la place de la Bourse; on peut même

estimer que le nombre des dépêches échangées entre Paris et Londres a doublé, et cela, chose curieuse, sans que le rapport des dépêches transmises dans chacun des deux sens ait changé. Londres continue à expédier à Paris deux fois autant de dépêches qu'il en reçoit.

Un autre résultat, celui-là bien prévu, consiste dans la suppression des voitures et vélocipèdes qui s'étaient organisés entre la Bourse et le bureau central. On pouvait cependant s'attendre à voir employer quelquefois ce mode de transport pour les dépêches à destination des Bourses autres que celles de Londres ; il n'en est rien : aucune dépêche de Bourse n'est plus apportée au bureau central. Un résultat aussi radical, sans exclure l'établissement ultérieur des nouvelles communications directes, indique du moins quelle large satisfaction le premier pas fait dans cette voie a déjà donnée aux intérêts du monde financier.

H. D.

CHRONIQUE.

Le câble direct des États-Unis. — Le *Faraday* a réussi à retrouver et à ramener à bord le câble transatlantique de la *Direct united states Telegraph Cy* qui s'était rompu lors de la première tentative d'immersion. Après avoir soudé le tronçon ainsi recouvré au reste du câble qu'il portait dans ses cuves, le *Faraday* a repris l'opération de la pose ; mais le 9 novembre, un coup de vent le força d'attacher le câble à une bouée. D'après les dernières nouvelles données par le président de la Compagnie à l'assemblée générale du 16 novembre, le *Faraday* avait encore environ 160 milles de câble de grande profondeur à immerger, et l'*Ambassador* 150 milles de câble d'atterrissement. La Compagnie espérait d'ailleurs recevoir sous peu de jours la nouvelle de l'achèvement complet de l'opération.

(*Journal télégraphique international* du 25 novembre 1874.)

Au moment où nous écrivons, nous ne savons rien de l'achèvement de la pose du câble direct des États-Unis. Les derniers rapports du *Faraday* remontent au samedi 19 décembre. A cette époque, le navire avait relevé, sur une longueur d'une quarantaine de milles, le câble allant de Torbay (Nouvelle-Écosse) à la bouée placée à hauteur des côtes de Terre-Neuve; il avait aussi réparé un léger défaut accusé dans cette section du câble. Puis environ 90 nœuds de câble avaient été filés depuis la bouée placée devant Terre-Neuve, et une nouvelle bouée avait été fixée à l'extrémité de cette section. Le *Faraday* a poursuivi ensuite sa route vers la bouée de l'extrémité du câble venant du large pour tenter une seconde fois la pose de la section de raccordement. On espère que bientôt on recevra

la nouvelle qu'en dépit de la saison tardive, l'opération est enfin achevée et que la ligne va être exploitée.

(*The Telegrapher*, 26 décembre 1874.)

Compagnie du câble direct des États-Unis. — Une assemblée générale extraordinaire des actionnaires a eu lieu le 16 novembre à l'hôtel de Cannon-Street, sous la présidence de M. E. H. Lushington, « afin d'examiner s'il convenait de voter les fonds nécessaires pour l'immersion d'un second câble ».

Le président expose qu'avant de soumettre la proposition, il désire faire connaître la situation actuelle du câble. Les deux premières sections, celle de Terre-Neuve à la Nouvelle-Écosse et de la Nouvelle-Écosse aux États-Unis, sont immergées et fonctionnent parfaitement. Quant à la section en eau profonde, entre la baie de Ballinskellig et Terre-Neuve, voici où en sont les opérations :

Le *Faraday* a encore à poser 160 milles de câble de grand fond, et l'*Ambassador* 150 milles de câble de côte. On peut donc considérer la section de grand fond comme terminée en fait, et raisonner dans cette hypothèse, car tout porte à croire que sous peu de jours elle sera en état de fonctionner. Le président appelle l'attention de l'assemblée sur l'intérêt extrême qu'aurait la Compagnie à doubler sa ligne sur les parcours de grand fond. Il n'est pas possible, sur les longues lignes au moins, d'envoyer simultanément des dépêches par les deux bouts de la ligne ; d'autre part, s'il survenait un accident sérieux au câble actuel, il faudrait de grosses sommes pour la réparation, et, dans de pareilles conditions, il serait pénible de demander à l'assemblée des subsides financiers. Enfin, il ne faut pas oublier qu'à côté de notre câble il y a cinq autres câbles appartenant à une puissante compagnie, fortifiée par des monopoles, concessions et priviléges d'une certaine valeur. Le public apprécie très-bien la valeur de ces priviléges : il importe donc que notre Compagnie ait toute facilité pour accomplir sa tâche dans les meilleures conditions possibles d'exactitude, de ponctualité et de régularité; sinon tous ceux qui ne seraient pas directement intéressés au succès de la

Compagnie du câble direct des États-Unis, auraient une tendance naturelle à recourir à la Compagnie anglo-américaine, qui, à raison du nombre de ses câbles, offrirait plus de garantie de sécurité pour les messages qui lui sont confiés. Le président est parfaitement d'avis que les affaires de la Compagnie doivent être conduites avec la plus grande prudence : il n'hésite pas à déclarer que la meilleure preuve de cette prudence extrême consisterait surtout dans l'adoption d'une double ligne, afin de donner à la Compagnie cette situation parfaitement sûre qu'elle doit occuper.

Dans la motion soumise à l'assemblée, on propose de réaliser des fonds par une émission d'obligations ou tout autre moyen convenable, afin de permettre aux directeurs d'obtenir un second câble. Les directeurs n'entameraient pas l'affaire avant d'être assurés que le premier câble est achevé et immergé, et qu'il fonctionne régulièrement. Le président pense qu'il suffirait d'un supplément annuel de 5.000 livres pour exploiter un second câble.

En conséquence, le président invite l'assemblée à adopter la résolution tendant à donner aux directeurs les pouvoirs de réaliser les fonds nécessaires au doublement de la ligne.

Un amendement pour l'ajournement de l'assemblée à quinzaine est ensuite proposé et adopté.

M. C. W. Siemens, en réponse à quelques remarques, dit qu'il préfère n'avoir pas à se prononcer sur l'utilité de l'immersion d'un second câble, car il pourrait paraître avoir dans la question un intérêt personnel. Il se bornera à quelques observations sur le motif du retard qu'éprouve l'achèvement de l'entreprise qui lui a été confiée. Il est vrai que le câble a été commandé il y a plus d'un an, et que, tout en étant virtuellement complet, il n'a pas encore été livré à la Compagnie en état de fonctionner. Il faut attribuer ces retards à des circonstances qu'on ne pouvait prévoir. La fabrication du câble a été achevée dans ses ateliers à la date voulue, et la résistance d'isolement du câble était double de celle qui était stipulée dans la spécification. Celle-ci était de 160 Megohms par mille marin, et elle dépasse actuellement 300. Le vapeur le *Faraday*, spécialement construit en vue de l'entreprise, a obtenu un succès complet; il a bien manœuvré, il a fait route à l'époque

voulue ; mais, à Terre-Neuve, il fut retenu par d'épais brouillards, dans une saison où ils ne sont pas habituels, et ne pouvant atteindre aucun port, on le perdit de vue pendant trois semaines, ce qui fit courir le bruit de sa perte totale, alors qu'il attendait une éclaircie. On fut obligé d'envoyer à sa recherche, dans la direction où l'on supposait qu'il se trouvait, le navire l'*Ambassador* qui l'assistait ; mais l'*Ambassador* manqua le *Faraday*, et quand, après avoir achevé son opération, le *Faraday* revint dans le New-Hampshire, il dut attendre l'*Ambassador* plus d'une semaine. Tout cela fit perdre en définitive quatre semaines, en sorte que la partie la plus importante de l'immersion, celle de la section d'Ellen's Bay à Terre-Neuve, tomba par le fait dans les tempêtes d'équinoxe dont l'arrivée d'ailleurs fut prématurée, car elles commencèrent à souffler dès le 10 septembre ; cette condition défavorable de la saison n'a pas permis d'achever l'immersion dans une seule opération. On dira que la cause du retard et de la rupture du câble échappé dans un coup de vent vient d'un défaut : soit ; mais y eut-il jamais câble fabriqué sans défaut ? Il y a des défauts assez graves pour compromettre la communication, il y a aussi d'autres défauts qui ne diminuent pas le rendement électrique du câble, et que les électriciens cependant s'attachent à éviter. L'orateur disait naguère que l'isolement du câble atteignait 300 millions d'unités, alors que le marché n'en exigeait qui 160. De la gutta-percha pure et sans défauts donnerait un isolement de très-peu supérieur. Néanmoins, il y a toujours dans la gutta-percha une certaine perte qui affecte chaque pouce du câble et qui dépend du type adopté.

Au lieu de s'en tenir à l'isolement qui lui était demandé, M. Siemens a voulu fournir le type le plus parfait, tenant à honneur que le câble qu'il livrait à la Compagnie ne pût être dépassé par aucun câble existant. Il pense que le type des deux sections immergées en juin atteint réellement un degré de perfection qui n'a pas été dépassé. La résistance d'isolement de cette section est le double de celle exigée, et s'est toujours maintenue à ce degré. L'orateur ne sera satisfait que quand il aura livré à la Compaguie la section principale dans les mêmes conditions de supériorité. Il s'en faut de peu qu'on ne soit arrivé aux dernières limites de la per-

fection. Des instructions spéciales avaient été données pour qu'aucun défaut, aucun point faible n'échappât à la vigilance des ingénieurs : on ne peut donc admettre que les retards aient été motivés par des vices de fabrication dans le câble. Le retard doit être attribué à des circonstances indépendantes de la volonté, et en partie au désir que l'on a eu d'arriver à la limite de la perfection. Dernièrement on avait cru nécessaire de couper le bout du câble et de le fixer à une bouée pendant un coup de vent. On soupçonnait un point faible dans l'isolement. Il aurait pu provenir d'une légère lésion pendant le déroulement; mais le défaut, s'il existait, était si faible que le câble n'en conservait pas moins son isolement de 300 millions par nœud. Malheureusement, le coup de vent sépara les deux navires; l'*Ambassador* fut perdu de vue pendant quelques jours, et il fallut aller le rejoindre à la baie de la *Conception*, qui était le rendez-vous, avant de pouvoir retourner à la bouée.

M. Von Chauvin, directeur général de la Compagnie, dit que l'isolement est encore supérieur à celui indiqué par le docteur Siemens. Il confirme tous les renseignements donnés par M. Siemens sur les soins apportés à la fabrication du câble, et insiste sur le contrôle incessant exercé sur tous les détails de la fabrication.

(Extrait du *Telegraphic Journal.*)

Compagnie du Western-Union Telegraph. — *Rapport annuel du président Orton.*

New-York, 9 décembre 1874.

Aux Directeurs,

Le rapport fait aux actionnaires dans l'assemblée annuelle du 14 octobre dernier contient un compte rendu circonstancié des opérations de la Compagnie pour l'année commerciale finie au 30 juin 1874 et de la situation à cette date. Des copies imprimées de ce rapport sont maintenant entre vos mains. Je ne reproduirai pas dans ce rapport tous les détails du précédent.

Dans la réunion semestrielle des directeurs, qui a eu lieu le 3 juin dernier, j'ai donné un exposé dans lequel les bénéfices, pour les trois mois finissant au 30 juin, étaient évalués à 740.000 dollars (environ 3.996.000 fr.), et le Comité d'admi-

nistration a été d'avis que sur les bénéfices de ce trimestre un dividende de 2 p. 100 pouvait être distribué. Pour le trimestre en question, les bénéfices actuels, tels qu'ils ont été subséquemment constatés par les rapports officiels, se montent à 762,029d,44 (4.114.958 fr.).

Dans une réunion du Comité d'administration tenue le 1er septembre dernier, un dividende de 2 p. 100 pour le trimestre finissant le 30 du même mois fut alloué sur l'estimation des profits de ce trimestre, s'élevant à la somme de 825.800 dollars (4.455.000 fr.). Les bénéfice réels ont été de 822.316d,04 (4.440.506f,60).

Les bénéfices pour le trimestre courant, finissant au 31 décembre, et dont nous avons le relevé complet pour octobre et presque complet pour novembre, sont évalués par l'auditeur à 856.527d,08 (4.625.250f,23). Après une révision scrupuleuse, j'ai déduit de ces évaluations 15.000 dollars, ce qui, pour les bénéfices de ce trimestre, donne 841.527d,08.

Voici d'ailleurs un tableau comparatif des recettes, dépenses et bénéfices pour chaque mois de l'année 1874 :

	RECETTES.	DÉPENSES.	BÉNÉFICES.
	dollars.	dollars.	dollars.
Janvier	743.873,28	550.755,52	193.117,76
Février	681.761,11	481.784,15	199.976,96
Mars	761.979,34	504,285,83	257.693,51
Avril	770.961,12	546.758,65	224.262,47
Mai	788.848,96	507.682,07	281,166,89
Juin	793.215,05	536.554,97	256.660,08
Juillet	808.972,05	557.744,60	251.227,45
Août	797.910,91	521.144,51	276.766,40
Septembre	839.548,99	545.226,80	294.322,19
Octobre	883.678,74	557.151,66	306.527,08
Novembre	825.000,00	560.000,00	265.000,00
Décembre	835.000,00	565.000,00	270.000,00
Totaux	9.530.749,55	6.454.088,76	3.076.660,79
Évaluation en décembre 1874 :			
1874	9.530.749,55	6.454.088,76	3.076.660,79
1873	9.282.033,66	7.047.016,38	2.235.017,28
	248.715,89 (augmentation)	592.927,62 (diminution)	841.643,51 (augmentation)

Il résulte de ce tableau que les recettes brutes sont pour l'année courante de 9.530.749^{d},55 (51.466.047^{f},57), contre 9.282.033^{d},66 pour 1873, ce qui fait une augmentation en faveur de l'année courante de 248.715^{d},89 (1.243.065^{f},80). En même temps les dépenses ont été réduites de 7.047.016^{d},38 en 1873 à 6.454.088^{d},76 en 1874, ce qui fait une différence en faveur de cette année de 592.927^{d},62. Les bénéfices sont de 3.076.660^{d},79, contre 2.235.017^{d},28 en 1873, ce qui fait sur 1873 une augmentation de bénéfices de 841.613^{d},51.

En raison de ces faits, le Comité administratif, dans sa réunion ordinaire du 2 courant, a voté la résolution que l'administration, dans cette assemblée, donne un dividende de 2 p. 100 à valoir sur les bénéfices du trimestre courant.

L'année 1874 s'est signalée par la stagnation générale des affaires de toutes sortes dans les différentes parties du pays. Le fait d'avoir pu dans le cours de l'année réduire les dépenses en augmentant les recettes de la Compagnie, comme aussi d'avoir pu donner un bénéfice net de près de 40 p. 100 d'excédant sur l'année précédente, peut être regardé comme une preuve des résultats que l'on obtiendra lorsque le trafic général du pays aura repris son activité habituelle. Les résultats des opérations de cette année témoignent de la sagesse avec laquelle les directeurs de la Compagnie se sont constamment appliqués depuis plusieurs années à organiser le service, à augmenter le réseau des lignes, à faciliter de plus en plus l'usage du télégraphe par la réduction des taxes, par l'amélioration de l'exploitation, afin d'engager le public à recourir plus fréquemment au télégraphe.

Au 1er février 1873, le maximum du tarif entre les points les plus éloignés des lignes de la Compagnie était fixé à 2^{d},50 (13^{f},50). C'était là une réduction de plus de 50 p. 100 sur le prix des dépêches entre les États du Pacifique et de l'Atlantique, les taxes antérieures s'élevant de 5 à 7^{d},50. Le premier effet de cette réduction fut un abaissement considérable des recettes. Mais, depuis plusieurs mois, le produit des dépêches entre les États de l'Atlantique et ceux du Pacifique a dépassé celui des périodes correspondantes de l'époque qui a précédé la réduction et nous avons pu faire face à ce développement du trafic, et même effectuer les transmissions avec une rapi-

dité plus grande qu'autrefois, sans ajouter un seul fil à la ligne transcontinentale. Ce résultat doit être attribué en grande partie au succès de l'appareil à double transmission (duplex system) dont j'ai parlé dans mes rapports antérieurs.

Dans mon dernier rapport annuel aux actionnaires, j'ai annoncé que nous expérimentions depuis quinze jours entre New-York et Boston un appareil à quadruple transmission à l'aide duquel on transmet deux dépêches dans la même direction et deux autres dans la direction opposée, par un seul fil et simultanément. Depuis ce temps-là, les inventeurs, MM. Thomas-A. Edison et Georges-B. Presscott, ont si bien perfectionné cet appareil, que maintenant il fonctionne parfaitement en communication directe entre New-York et Chicago. Le grand succès de cette invention dans un laps de temps si court, après son introduction dans la pratique, me porte à croire que nous pourrons l'employer sur toutes les lignes dont les stations ont un trafic nécessitant l'emploi de 2, 3 ou 4 fils. Si des expériences ultérieures, et qui sont sur le point d'être faites, démontrent la possibilité de travailler d'une manière satisfaisante avec cet appareil sur les longs circuits des lignes allant au Pacifique, et d'augmenter ainsi le rendement de ces lignes sans recourir à la dépense de fils supplémentaires, je serai porté à proposer une réduction nouvelle du maximum actuel de 2[d],50. En effet, telle est ma confiance dans l'accroissement du trafic télégraphique durant les prochaines années, que je pense qu'il sera possible à la Compagnie de continuer la réduction des taxes élevées et d'allonger les distances auxquelles s'appliquent les taxes moindres, de telle sorte que finalement nous n'ayons plus que quatre taxes pour les dépêches de jour, à savoir, 25 cents, 50 cents, 75 cents et 1 dollar (1/4, 1/2, les 3/4 d'un dollar et 1 dollar, c'est-à-dire 5[f],40 : le cent est 0[f],054), et moitié de ces taxes (la plus faible exceptée) pour les dépêches de nuit. Et j'ai aussi l'espoir que ce résultat se réalisera graduellement, tout en permettant à la Compagnie de donner des dividendes satisfaisants aux actionnaires.

J'ai mentionné dans mon rapport annuel que le câble de la Compagnie « International Ocean Telegraph », lequel relie la côte de la Floride à Cuba, était interrompu entre Punta-Rassa

et Key-West, et que l'on s'occupait de réparer l'interruption et de rétablir la communication. J'ai maintenant la satisfaction d'apprendre que grâce au steamer « Professor Morse » de « l'International Ocean Telegraph Company », M. N. de Bree, agent de la Compagnie à Key-West, a relevé tout le câble, remplacé plusieurs parties défectueuses et l'a rétabli en parfait état de fonctionnement. Encouragé par ce succès, la Compagnie fait maintenant des efforts pour relever et réparer un autre câble entre ces points, qui a fait défaut et a été abandonné il y a environ trois ans.

Votre respectueux et dévoué,

WILLIAM ORTON, *président.*

(*The Telegrapher* du 19 décembre 1874.)

Modification à l'appareil Hughes. — Une modification importante vient d'être apportée à l'appareil Hughes par MM. Terral et Mandroux, agents spéciaux de l'Administration, à Paris; elle consiste principalement dans la substitution du déclanchement automatique au déclanchement électrique dans l'appareil transmetteur, et a pour résultat de rendre les communications électriques de l'appareil Hughes aussi simples que celle du Morse.

Un projet analogue avait été également présenté par M. Alba, employé à Toulouse, et M. Rouget, agent spécial du même bureau. Les expériences faites sur l'appareil Hughes, de Paris, qui dessert le fil de Londres, et l'appareil Hughes, de Toulouse, qui dessert le fil de Paris, ayant parfaitement réussi, un certain nombre d'appareils vont recevoir cette modification et être mis en service dans divers bureaux.

ACADÉMIE DES SCIENCES. — M. le comte du Moncel a été élu *membre libre* de l'Académie des sciences, en remplacement de feu M. Roulin, dans la séance du 21 décembre 1874. Dans la séance du 4 janvier, il a été donné lecture du décret par lequel le président de la République approuve cette élec-

tion, et M. du Moncel a été invité à prendre place parmi ses confrères.

Parmi les prix décernés par l'Académie dans la séance publique annuelle du 28 décembre 1874, nous remarquons particulièrement les suivants :

Prix Gegner pour 1872. — M. Gegner a légué à l'Académie des sciences un prix annuel de *quatre mille* francs, destiné à soutenir un savant qui se sera signalé par des travaux sérieux, « et qui dès lors pourra continuer plus fructueusement ses recherches en faveur du progrès des sciences positives ».

La commission décerne ce prix, pour l'année 1872, à M. Gaugain, pour l'aider à poursuivre ses travaux sur l'électricité et le magnétisme.

« M. Gaugain, dit le rapporteur M. Dumas, a consacré depuis plus de vingt ans toutes ses forces et toutes ses ressources à des études délicates, exigeant des appareils complexes et coûteux. L'Académie est sûre, en lui attribuant le prix Gegner, qu'elle se conforme de la manière la plus étroite aux vues du fondateur, et qu'elle en remplit les intentions sous tous les rapports. »

Prix Poncelet pour 1873.—« La commission, à l'unanimité, a décerné un prix à M. W. Thomson, pour ses beaux travaux relatifs à la physique mathématique, et particulièrement à l'occasion de l'ouvrage intitulé : *Reprint of papers on electricity and magnetism.* »

NÉCROLOGIE.

M. G. Duval.

L'Administration télégraphique vient d'être frappée du coup le plus cruel et le plus inopiné par la mort de M. G. Duval, inspecteur de 1re classe à Rouen. Le 2 janvier dernier il nous a été enlevé presque subitement dans la plénitude de ses facultés, dans toute la force de son âge, et nulle nouvelle ne pouvait nous causer d'émotion plus profondément douloureuse.

Nous ne prétendons pas nous faire ici l'interprète du deuil de sa famille, ni même des regrets de ses nombreux amis : chacun de ceux qui l'ont connu l'ont aimé; mais ayant vécu plusieurs années dans son intimité, nous croyons remplir un devoir en venant rendre, dans les *Annales*, hommage à sa mémoire et retracer en quelques mots sa carrière administrative.

Né à Honfleur le 20 mai 1826, Duval entra à l'École Polytechnique en 1846, et dans l'Administration télégraphique le 1er novembre 1849. Il demanda immédiatement à être employé en Algérie, où il fut envoyé au mois de janvier 1850, en qualité d'inspecteur du service aérien. A cette époque, où les voies carrossables étaient à peu près inconnues dans l'intérieur de la colonie, et en particulier entre les blokhaus servant de postes télégraphiques, le métier d'inspecteur exigeait beaucoup de vigueur et d'activité : les tournées réglementaires, qui prenaient jusqu'à douze ou quinze jours par mois, ne pouvaient se faire qu'à cheval ; l'ardeur du soleil dans les plaines, la violence des orages dans les parties montagneuses, le passage des rivières à gué, présentaient, sinon des dangers certains, au moins un ensemble de circonstances défavorables dont plus d'un fonctionnaire a malheureusement subi la pernicieuse influence. Dès ses débuts en Algérie, Duval se fit remarquer par l'intelligence et le zèle qu'il apporta dans les différentes parties de son service; nous citerons deux faits qui en sont les témoignages irrécusables.

A la fin de 1852 il avait été chargé d'installer une ligne télégraphique de Médéah à Boghar pour assurer les communications d'une colonne qui partait de la province d'Alger pour se diriger sur Laghouat : l'expédition fut assaillie et arrêtée par une tourmente terrible qui fit de nombreuses victimes ; à force d'énergie, Duval sut conserver intacts son personnel et son matériel, et parvint, dit le rapport du gouverneur général signalant sa belle conduite, à accomplir sa mission avec beaucoup d'habileté, de courage et de sang-froid.

En 1853, Duval exécuta la première étude de ligne télégraphique qui ait été faite entre Boghar et Laghouat (240 kilomètres) : le nombre des postes intermédiaires, dont tous les emplacements furent reconnus et arrêtés par lui, s'élevait à vingt-trois ; ce travail, consciencieusement achevé au milieu de difficultés de toute sorte, lui attira les éloges bien mérités du chef éminent qui dirigeait alors la télégraphie algérienne, M. César Lair.

Le 25 mai 1854, Duval quitta l'Algérie pour prendre part à l'expédition d'Orient : après un court séjour à Constantinople, il arriva à Varna au milieu de l'épouvantable épidémie de choléra qui décimait à ce moment les armées alliées ; avec un infatigable dévouement, il ne négligea rien pour faire prendre les précautions et assurer les soins nécessaires au personnel qui l'entourait, tandis que son exemple contribuait puissamment à soutenir le moral de chacun. Quelques jours après, l'établissement de la ligne télégraphique de Varna à Baltchick, le long du littoral de la mer Noire, lui fut confié, et il installa en deux jours cet embranchement de 30 kilomètres, dont l'utilité devait être si appréciée lors du départ de la flotte pour la Crimée.

A la fin de décembre, une partie de la mission télégraphique d'Orient fut appelée devant Sébastopol : par son expérience du service de campagne, Duval était naturellement désigné pour un poste de cette nature, et il débarqua à Kamiesch le 29 décembre. D'abord chef du service télégraphique du 1er corps (attaque de gauche), puis du grand quartier général, sous la direction supérieure de son camarade, M. l'inspecteur Aubry, il partagea, mais sans s'en laisser abattre, avec tous ceux qui se trouvaient dans les camps anglo-français, les pri-

vations d'un premier hiver particulièrement rigoureux, et cette épreuve plus grande encore d'un stationnement de près de deux ans pendant lequel la nostalgie s'emparait des esprits les plus fermes. Le 14 septembre 1855 il reçut, à l'âge de vingt-neuf ans, la croix de la Légion d'honneur, récompense bien due à ses services exceptionnels, et il rentra en France à la fin de juin 1856, après six ans et demi d'absence.

Nous nous rappelons avec un attendrissement douloureux notre ami à cette époque de sa vie : il offrait la réunion des qualités les plus sympathiques, un caractère essentiellement bienveillant, plein de franchise et de loyauté, une grande fermeté unie à une douceur charmante, un esprit fin et distingué ouvert à toutes les idées élevées et généreuses. Faire bien et sérieusement tout ce qu'il avait entrepris nous paraissait être le trait dominant de sa nature : son jugement était sûr, sa décision prompte et son ardeur d'exécution incomparable.

C'est malheureusement à la suite des fatigues éprouvées dans ce long séjour en Afrique et en Orient que Duval contracta le premier principe de la maladie qui vient de l'emporter prématurément et qui, après l'avoir gravement atteint sous forme de rhumatisme articulaire quelque temps après son retour en France, avait paru s'amender peu à peu, tout en le laissant sujet à de violentes crises de maux d'estomac.

A partir de 1856, Duval fut placé comme inspecteur successivement à Mâcon, à Lyon et à Paris; en 1859, bien que souffrant encore de la maladie dont nous venons de parler, il demanda à faire partie de la mission télégraphique de l'armée d'Italie; mais à cause du petit nombre d'emplois de son grade disponibles et des nombreux concurrents qui s'étaient présentés, sa demande ne put être suivie d'effet. En 1860, Duval fut chargé d'établir le réseau télégraphique du Cantal, et s'acquitta avec son activité et son intelligence habituelles de la construction des lignes d'Aurillac à Figeac, à Mauriac, à Brioude et au Puy.

Entré, par son mariage en mai 1861, dans une des familles les plus honorables de Rouen, Duval désirait vivement se rapprocher de cette ville et de Honfleur, où habitaient ses parents; ses vœux ne se réalisèrent complétement qu'au bout de plusieurs années : appelé d'abord comme inspecteur chef

de service à Alençon, il passa à Brest en 1865, puis à Évreux en 1871, et enfin à Rouen en 1872; dans ces résidences, de même que dans tous les postes qu'il avait occupés précédemment, il dirigea le service qui lui était confié avec une supériorité incontestable, également aimé et estimé de ses supérieurs, de ses égaux et de ses subordonnés.

Il avait été nommé en 1868 à la 2e classe et en 1874 à la 1re classe; ses rares et précieuses qualités le destinaient certainement aux plus hauts grades de l'Administration : il n'a pu achever complétement sa carrière; mais, d'après ce que nous avons vu de lui pendant vingt-cinq ans, il nous est facile de juger de l'avenir qui l'attendait. L'Administration venait en effet de lui donner une nouvelle preuve d'estime et de confiance en le nommant à l'inspection divisionnaire de la 3e région. Il ne le sut même pas : atteint dans la nuit du 1er janvier d'un retour imprévu de sa terrible maladie, il expirait trente-six heures après, sans que rien eût annoncé cette fin soudaine; car si l'état de sa santé fut parfois la seule ombre jetée sur son bonheur domestique, encore n'était-ce pour lui ni pour les siens l'objet d'une inquiétude sérieuse.

Duval laisse quatre jeunes enfants dont le dernier n'a que quelques mois. Certes son souvenir leur sera bien gardé par sa femme, par sa mère, par la famille qui l'avait adopté comme fils, par ses nombreux amis; tous resteront unis dans la même pensée fidèle et leur transmettront, ainsi qu'un héritage sacré, l'exemple de sa vie remplie d'affection, de dignité et de dévouement; mais, nous le sentons nous-même, une pareille perte est irréparable, et, devant la tombe de notre plus cher camarade, nous ne pouvons que répéter avec une profonde tristesse qu'il est pour le cœur des vides qu'on ne comble pas et des chagrins qui durent autant que nous, parce que nous ne saurions souffrir l'idée d'en être consolés.

E. BELZ.

M. Abel Guyot.

Au moment de mettre sous presse, nous apprenons la mort de M. Abel Guyot, inspecteur chef du service télégraphique de la circonscription du Havre, décédé le 9 février. Le temps

ne nous permettant pas de rappeler en détail les services administratifs de M. Guyot, nous nous bornons à reproduire l'article consacré à ce triste événement par le *Journal du Havre* du 9 février. Des articles analogues ont paru dans les autres journaux de cette ville, et tous témoignent de la vivacité des sympathies qu'avait su se créer le fonctionnaire regretté dont la mort prématurée est un deuil pour l'Administration comme pour ses amis.

« Un nouveau décès va douloureusement impressionner notre population commerciale.

« M. Abel Guyot, inspecteur des lignes télégraphiques au Havre, a succombé ce matin, aux suites d'une longue et douloureuse maladie qui, depuis plus d'un an et demi, le faisait souffrir.

« M. Guyot a conservé jusqu'au dernier moment la plus entière lucidité d'esprit, et c'est d'un œil calme qu'il a vu la mort venir briser une carrière dignement remplie, et qui promettait les plus belles espérances.

« Hier encore, il donnait des ordres relatifs à son service, qu'il a pu diriger jusqu'au dernier moment.

« M. Abel Guyot était jeune encore. Né en 1830, à Vannes, il était entré dans l'Administration des télégraphes comme simple employé, en 1853.

« Grâce à un travail soutenu et à un savoir sans cesse développé, il avait successivement conquis tous ses grades. M. Guyot avait été nommé, au commencement de 1870, sous-inspecteur chef du service du Havre.

« En 1872, il avait reçu la croix de chevalier de la Légion d'honneur pour services exceptionnels pendant la guerre.

« Le 1er février de l'année dernière (1874), il avait été promu au rang d'inspecteur de 4e classe.

« Par son affabilité, M. Guyot avait vite conquis dans notre ville de nombreuses sympathies : on lui savait gré des efforts qu'il faisait pour faciliter notre grand commerce. M. Guyot est particulièrement regretté de tout son personnel qui avait pu apprécier de près tous ses mérites. »

BULLETIN ADMINISTRATIF.

Organisation du service télégraphique en Cochinchine.

Le *Courrier de Saïgon*, journal officiel de la Cochinchine, publie dans son numéro, en date du 5 novembre 1874, la décision suivante du gouverneur de la colonie, portant fixation des cadres du personnel télégraphique :

« Le contre-amiral gouverneur *p. i.* et commandant en chef,

« Vu l'arrêté du 31 mars 1873, portant organisation du service des lignes télégraphiques en Cochinchine;

« Vu l'article 1er dudit arrêté et notamment l'article 4 ainsi conçu :

« Tout fonctionnaire ou employé du cadre métropolitain
« peut, à la suite d'avancement ou en raison d'exigences bud-
« gétaires, être remis à la disposition de son administration; »

« Vu l'augmentation croissante des dépenses du personnel des lignes télégraphiques et le nombre disproportionné des employés des quatre premières classes;

« Considérant qu'il importe de remédier le plus tôt possible à cet état de choses sans cependant nuire au bien du service;

« Sur la proposition du directeur de l'intérieur;

« Le conseil privé entendu,

« Décide,

« Art. 1er. Les cadres du personnel du service télégraphique, en Cochinchine, sont fixés ainsi qu'il suit :

1 chef de service,
1 adjoint au chef de service (directeur de transmissions ou chef de station),

1	commis principal,		Cadre métropolitain.
1	employé de	1re classe,	
1	—	2e classe,	
1	—	3e classe,	
6	—	4e classe,	
16	—	5e classe, ou surnuméraires.	
26			

1 employé de 1re classe,		Cadre colonial.
4 — 2e classe,		
5 — 3e classe,		
4 — auxiliaires.		
14		

1 mécanicien dont les appointements (solde et accessoires) ne pourront être supérieurs à 5.400 francs, qu'il soit pris dans la colonie ou qu'il provienne de l'administration métropolitaine.

3 surveillants de 2e ou 3e classe (cadre métropolitain), faisant fonctions de chefs surveillants.

2 surveillants de 1re classe,	Cadre colonial.
4 — 2e classe,	
6 — 3e classe,	
3 — 4e classe.	
15	

4 chefs de chantier,	Cadre indigène.
5 aides-surveillants de 1re classe,	
5 — 2e classe,	
20 — 3e classe,	
34	

1 planton de 1re classe,	Pour le bureau central de Saïgon et celui de Saïgon, rue de Canton.
2 — 2e classe,	
4 — 3e classe.	
7	

1 facteur annamite de 1re classe,	Pour les bureaux de l'intérieur de la colonie.
2 — 2e classe.	
24 — 3e classe,	
27	

« Art. 2. Aucune modification ne pourra être apportée à ces cadres sans l'autorisation du gouverneur, donnée en conseil privé.

« Art. 3. Les traitements et les allocations attribués au personnel des lignes télégraphiques restent déterminés comme ils le sont actuellement pour chaque cadre, grade ou classe.

« Art. 4. Dans un délai compatible avec les exigences du service, mais qui ne devra pas dépasser les trois premiers mois de l'année 1875, le personnel existant sera ramené aux chiffres fixés par la présente décision.

« **Art. 5.** Le directeur de l'intérieur est chargé de l'exécution de la présente décision, qui sera enregistrée partout où besoin sera.

Saïgon, le 16 octobre 1874.

KRANTZ.

Par le Gouverneur :
Le Directeur de l'intérienr p. i.,
PIQUET.

La télégraphie au Japon.

(Document communiqué par le département des Affaires étrangères.)

« On constate un développement considérable dans le réseau des télégraphes du Japon. Avant peu la capitale, qui est déjà depuis quelque temps en communication électrique avec les provinces méridionales de l'Empire, le sera aussi avec celles du Nord et avec l'île de Yéso. Deux câbles viennent d'être jetés à travers le détroit de Tsugar, entre Hakodate et Awamori sur la côte opposée. La distance est de 110 milles. L'opération a été menée à bonne fin par le navire « Oerstedt », appartenant à la grande Compagnie télégraphique du Nord qui l'avait mis à la disposition du gouvernement japonais. Entre Yédo et Awamori les travaux sont très-avancés, et un quart à peine de la distance qui sépare ces deux points reste à terminer pour achever cette ligne.

« Le gouvernement, qui apprécie les avantages de lignes télégraphiques et qui désire en voir augmenter le nombre dans l'Empire, vient de rendre un décret qui autorise la création de compagnies particulières. Les règlements auxquels ces compagnies devront se soumettre ont été publiés, et quoique ces règlements qui les placent sous la dépendance absolue de l'autorité paraissent devoir gêner considérablement leur action, le gouvernement espère qu'il ne tardera pas à s'en former plusieurs sur différents points du territoire.

« Les Américains poursuivent, de leur côté, les études préliminaires et les sondages nécessaires pour la pose d'un câble à travers l'océan Pacifique, entre San Francisco et Hakodate. Une frégate de la marine des États-Unis, le « Tuscarosa »,

est arrivée à San Francisco le 1er octobre, après un voyage qui a duré une année, et pendant lequel elle a opéré des sondages sur une distance de 14.000 milles. La première ligne qu'elle a explorée a été dans le Nord, celle du cap *Flattery* à *Ounalaska*, une des îles Aléoutiennes. Ayant été contrariée par le mauvais temps, elle se dirigea alors vers le Sud et exécuta des sondages sur une ligne, qui partant de San Diégo et passant par Honolulu et les îles Bonin, aboutit à Yokohama. Les plus grandes profondeurs atteintes par la sonde furent de 3.287 brasses. Les Américains cherchèrent ensuite une ligne dans le Nord qui pût mettre le Japon en communication avec l'Amérique par les îles Aléoutiennes et le cap Flattery. Plusieurs directions furent essayées et abandonnées à cause de la profondeur des eaux. On trouva enfin une ligne praticable en remontant les Kouriles, puis en se dirigeant vers l'île de Kanaga dans l'archipel des îles Aléoutiennes. De là le câble passerait à Ounalaska, puis à travers la passe de l'Ounimak et irait atterrir le cap Flattery. Dans ces parages, la frégate a trouvé des profondeurs de 4.655 brasses. »

Le Gérant : Dunod. — Imprimerie Arnous de Rivière et Ce, 26, rue Racine.

ANNALES
TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1875 **Mars-Avril**

REVUE
DES APPAREILS ÉLECTRIQUES
EMPLOYÉS
DANS L'EXPLOITATION DES CHEMINS DE FER FRANÇAIS

PAR M. AMIOT,
Inspecteur des télégraphes.

(PLANCHE VIII.)

La télégraphie électrique est l'auxiliaire indispensable de toute exploitation de chemin de fer.

Elle seule, en effet, devançant la marche des trains, permet aux agents, au moyen de la correspondance échangée de gare à gare par l'appareil Morse et par l'appareil à cadran, de connaître constamment les besoins et les ressources de chacun des points du réseau et de satisfaire par suite aux besoins, en employant les ressources le plus économiquement possible.

Lorsqu'il survient un accident, elle seule encore peut en faire connaître immédiatement la nature et la gravité, donner les indications nécessaires pour faire converger

vers le point où il s'est produit les moyens les plus appropriés au rétablissement de la circulation et transmettre les ordres qui permettent de maintenir partout l'activité et la régularité du service.

Enfin, les Compagnies lui demandent encore de contribuer efficacement à prévenir les accidents et, à cet effet, elles emploient des appareils d'une nature particulière et variable qu'elles placent en chacun des points singuliers de leurs réseaux, partout où l'exploitation, plus difficile ou plus active, demande un surcroît de précautions.

Ces appareils électriques, destinés à donner une garantie particulière de sécurité à l'exploitation des chemins de fer et à permettre par suite aux trains de circuler plus nombreux et plus rapides, peuvent se classer en quatre catégories, suivant qu'ils ont pour but :

De couvrir les gares ;

De signaler la marche des trains ;

D'annoncer les accidents survenus entre deux gares ;

De relier les divers véhicules d'un train.

APPAREILS POUR COUVRIR LES GARES.

On sait que, pour couvrir les gares, on emploie des disques fixés au haut de mâts qui sont placés à 15 ou 1.800 mètres en amont de ces gares.

Lorsqu'on abaisse ou qu'on relève un levier de manœuvre situé près de la gare, le disque correspondant tourne de 90° dans un sens ou dans l'autre, de manière à pouvoir être placé parallèle à la voie, lorsque la gare est libre, ou perpendiculaire à la voie présentant la face rouge aux trains qui y arrivent, lorsqu'elle est occupée par des manœuvres de matériel ou par le stationnement d'un train.

Quelle que soit la facilité de faire tourner un mât de 90° au moyen d'un fil de fer aboutissant à un levier de manœuvre M et à un levier de rappel R (*fig.* 1), le fréquent emploi des disques et les accidents qui peuvent résulter d'une seule fausse indication font comprendre la nécessité absolue d'avoir la certitude que la position du disque correspond bien à celle qu'on a donnée au levier de manœuvre.

Ce contrôle peut être obtenu par un système mécanique (système répétiteur); mais la plupart des Compagnies emploient de préférence un système électrique extrêmement simple et qui a été appliqué pour la première fois sur le chemin de fer de Paris à Lyon.

Sonneries de contrôle. — Le principe de cette solution est le suivant :

Faire en sorte que la rotation du mât résultant de la mise du disque au rouge ferme un circuit comprenant une pile et une sonnerie à trembleur, de manière que cette sonnerie tinte pendant tout le temps que la gare est couverte.

La pile P (*fig.* 1), presque toujours montée dans le bureau télégraphique de la gare, mais qu'il est préférable d'établir au pied même du mât de signal, est composée de 10 ou 12 éléments Leclanché : un de ses pôles communique à un fil de ligne F qui court le long de la voie sur les poteaux télégraphiques et aboutit à la terre T par l'intermédiaire d'une sonnerie S placée près du levier de manœuvre M; l'autre pôle est relié à une lame d'acier flexible A (*fig.* 2), munie d'un contact en platine ou en argent et fixée au soubassement du mât de signal par une tige métallique isolée à l'aide d'un tube et de deux rondelles en gutta-percha. Dans le plan horizontal de la lame, et faisant avec elle un angle un peu inférieur

à 90° lorsque le disque est parallèle à la voie, se trouve une tige en fer B fixée au mât, terminée également par un contact en platine ou en argent, et communiquant avec la terre.

Lorsque le disque parallèle à la voie indique que la gare est libre, la lame et la tige formant commutateur sont éloignées l'une de l'autre, le second pôle de la pile est isolé, la sonnerie ne marche pas.

Si, au contraire, le disque est perpendiculaire à la voie indiquant que la gare est occupée, la tige B presse sur la lame A et, fermant ainsi le circuit de la pile et de la sonnerie, fait tinter celle-ci d'une manière continue jusqu'à ce que le disque soit remis parallèle à la voie.

Disques à arrêt permanent. — Sur certaines sections à voie unique, le règlement prescrit de maintenir constamment à l'arrêt les signaux de distance et de ne les mettre à voie libre qu'au moment où un train arrive : si donc on se bornait à appliquer le système tel qu'il vient d'être décrit, la sonnerie marcherait d'une manière continue et fatiguerait bientôt l'attention des employés.

On a remédié à cet inconvénient en amenant le fil de ligne sur le support du levier de manœuvre et en plaçant sur ce support, entre la sonnerie et la ligne, un interrupteur qui permet de couper à volonté la communication de la sonnerie avec le disque. Cet interrupteur consiste en une languette mobile que l'agent relève à la main lorsque le tintement de la sonnerie l'a prévenu que le disque est bien au rouge, et qu'il peut abaisser à volonté pour vérifier, en rétablissant le circuit, si le disque est toujours à l'arrêt ; cet abaissement de la languette, qui met la sonnerie en communication avec le disque, est d'ailleurs automatiquement produit par la manœuvre même du levier, lorsqu'on remet le disque parallèle à la voie.

Disques à deux et à trois transmissions. — Il arrive parfois, dans certaines gares, qu'on a à manœuvrer un disque de deux ou trois points éloignés les uns des autres.

Dans ce cas, le levier de rappel R (*fig.* 1) agit sur une entretoise qui commande le mouvement du disque, de manière qu'il suffit qu'un levier de rappel soit soulevé pour que, par son action sur l'entretoise, le disque soit placé et maintenu perpendiculaire à la voie.

Lorsqu'on a abaissé un levier de manœuvre, il importe donc de savoir, non pas si le disque est à l'arrêt, ce qui pourrait résulter d'une manœuvre faite en un autre point, mais si le levier de rappel agit sur l'entretoise.

Aussi les lames de contact A et B (*fig.* 2), au lieu d'être placées sur le soubassement et sur le mât du signal, sont-elles fixées sur l'entretoise et sur le levier de rappel, de manière que le tintement de la sonnerie indique que le levier de rappel est dans la position qui place et qui maintient le disque perpendiculaire à la voie.

Il faut d'ailleurs, dans ces cas, un système télégraphique particulier pour chaque levier de manœuvre : pile, sonnerie, fil de ligne, etc.

Conditions de fonctionnement régulier. — Pour que le commutateur fixé au mât du disque fonctionne régulièrement, il faut évidemment que les deux extrémités de la tige B et de la lame A viennent presser l'une contre l'autre lorsque le disque est tourné au rouge ; il est donc indispensable que cette tige et cette lame demeurent dans le même plan pendant le mouvement de rotation du mât et, par suite, qu'elles soient fixées à des parties qui ne puissent ni se déformer, ni changer de position relative.

Il faut en outre qu'il y ait contact métallique entre ces deux extrémités : or, on a remarqué, paraît-il, sur le

réseau du Nord, que, pendant l'hiver, elles peuvent se recouvrir d'une couche épaisse de givre, de manière que le disque étant au rouge et les parties A et B pressant l'une sur l'autre, le courant ne peut se rendre à la terre et la sonnerie ne tinte pas.

Commutateur du disque de la Compagnie du Nord. — Pour éviter cet inconvénient, les contrôleurs du service télégraphique de la Compagnie du Nord ont substitué aux deux tiges agissant à l'air libre un autre commutateur recouvert d'un chapeau en zinc et placé par conséquent à l'abri des dépôts de givre.

Ce commutateur consiste en une partie métallique A à laquelle aboutit le fil de ligne et qui est isolée du reste de l'appareil au moyen d'une pièce de caoutchouc durci B (*fig.* 3 et 4). Dans le plan de la face principale de cette partie métallique se meut le petit bras C d'un levier également métallique CDE qui communique avec la terre, et dont le grand bras E porte à son extrémité une masse pesante qui l'abaisse lorsqu'il n'est pas soutenu, éloigne l'extrémité C de A et rompt le circuit de la sonnerie.

Lorsque le disque tourne à l'arrêt, un bras M fixé au mât *m* du signal au moyen d'un collier N, soulève la masse E en agissant sur le plan incliné qui la précède et met en contact les parties C et A, de manière à fermer le circuit de la sonnerie et à la faire marcher. Lorsque le disque redevient parallèle à la voie, le bras M agit sur l'extrémité recourbée F et concourt ainsi avec le poids de la partie E à faire basculer le levier, à l'amener dans la position A′E′.

Essais de contrôle des feux de nuit. — Pendant la nuit, les signaux fixes de distances ne pouvant plus consister dans la vue des disques, on a recours à des fanaux que

les mécaniciens voient directement ou à travers un verre rouge, suivant que les disques sont à voie libre ou donnent le signal d'arrêt.

Il importe donc, non-seulement de savoir si le disque opère bien sa manœuvre, mais encore d'être certain que la lampe n'est pas éteinte.

Aucun système électrique n'a été adopté pour contrôler l'état des fanaux ; un seul a été expérimenté pendant quelque temps sur la partie sud du réseau de Paris-Lyon-Méditerranée et abandonné comme ne présentant pas toutes les garanties qu'on désirait obtenir.

Ce système, imaginé par M. Boucher, agent de la Compagnie de Lyon, est fondé sur l'inégale dilatation de deux métaux et consiste en une tige d'acier encastrée à la partie supérieure d'un cadre en cuivre (*fig.* 5) ; l'extrémité inférieure de cette tige d'acier agit sur la petite branche *ao* d'un levier horizontal muni d'une vis placée en regard d'une lame métallique isolée L, à laquelle aboutit un fil de sonnerie, tandis que le cadre en cuivre et la vis communiquent à la terre.

Si l'on place la partie supérieure de ce cadre près de la flamme du fanal, les deux métaux s'échauffent, mais la tige d'acier se dilatant moins que le cadre de cuivre, relève le petit bras *oa* du levier et éloigne la vis du contact métallique de sonnerie.

Si la lampe s'éteint, les tiges métalliques reprennent leurs longueurs primitives, le petit bras *oa* s'abaisse et la vis, en touchant le contact en regard duquel elle est placée, ferme le circuit de la sonnerie qui tinte d'une manière continue.

Dans les expériences faites sur ce système, on cherchait à régler la position de la vis de manière que la sonnerie se mît en marche 15 à 20 secondes environ

après l'extinction du fanal; mais il a toujours été difficile d'obtenir un résultat uniforme.

Insuffisance de l'emploi des sonneries. — Les sonneries de contrôle attestent bien à la gare que le signal de distance occupe la position qu'on a voulu lui donner, ce qui est un premier point très-important à obtenir; mais elles ne peuvent pas donner l'assurance que les mécaniciens verront ce signal, et c'est évidemment la condition essentielle à réaliser.

Or, indépendamment d'une distraction momentanée qui peut lui faire échapper la vue du disque, le mécanicien peut ne pas l'apercevoir :

1° S'il fait un brouillard intense, surtout pendant le jour;

2° En cas de neige, surtout lorsque les flocons sont chassés par le vent sur la face rouge du disque;

3° En cas de forte pluie avec bourrasques;

4° Si, pendant la nuit, le fanal est éteint.

Pour suppléer à la visibilité du disque dans ces diverses circonstances, on a essayé divers systèmes acoustiques : cloches mues par des pédales ou des contre-rails mobiles, pétards ou sifflets que le passage du train faisait agir lorsque le disque était au rouge.

Mais ces engins demandent à être entretenus avec un soin extrême et à être fréquemment renouvelés, si l'on veut qu'ils produisent les résultats qu'on leur demande; aussi est-on loin de les considérer comme donnant une bonne solution du problème.

MM. Lartigues et Forest ont cherché à en demander une à l'électricité.

Sifflet électro-moteur de locomotives. — Le principe du système qu'ils ont imaginé consiste à faire ouvrir par un courant électrique le sifflet à vapeur de la locomotive

lorsque le disque est au rouge; il a été expérimenté en 1872 et 1873 pendant huit mois, sous la direction de M. Delebecque, ingénieur en chef du matériel et de la traction du chemin de fer du Nord, et a donné, pendant cette période d'essais, des résultats assez satisfaisants pour décider la Compagnie à l'admettre dans le service ordinaire de l'exploitation.

Du pôle positif de la pile qui fait marcher la sonnerie du disque et dont le pôle négatif est mis à la terre par le commutateur placé sur le mât du signal, part un second fil isolé qui aboutit à un contact en cuivre ou en fonte également isolé, de 2 mètres environ de longueur, placé dans l'entre-rails ou latéralement à la voie à une certaine distance en avant du disque : une brosse métallique dont la locomotive est armée vient y prendre le courant électrique qui doit agir sur l'appareil moteur du sifflet à vapeur.

Cet appareil (*fig.* 6) est renfermé dans une boîte métallique fixée à l'arrière de la machine et consiste en un électro-aimant du système Hughes E, composé d'une série d'énergiques aimants en fer à cheval dont les branches sont prolongées par des cylindres en fer doux entourés de bobines de fil recouvert de soie.

L'une des extrémités de ce fil est reliée à la masse de la locomotive et par elle à la terre; l'autre aboutit au moyen d'un fil isolé L à la brosse métallique.

L'armature A de l'électro-aimant, mobile autour de l'axe O, est d'ailleurs reliée au levier du sifflet à vapeur par une tige verticale BD, articulée en B et en D, et qu'un fort ressort à boudin tend à abaisser.

Lorsque la brosse de la locomotive passe sur le contact fixe, elle met ce contact fixe, c'est-à-dire le pôle positif de la pile, en communication avec la terre par

l'intermédiaire de l'électro aimant E : si alors, le disque étant à voie libre, le pôle négatif de la pile est isolé, le circuit n'est pas fermé, et aucun courant ne passe dans l'électro-aimant qui continue à maintenir son armature au contact, malgré l'action du ressort de la tige BD.

Si au contraire, le disque étant tourné au rouge, le pôle négatif est mis à la terre, le passage de la brosse sur le contact détermine une dérivation du courant positif qui passe dans l'électro-aimant E, de manière à diminuer suffisamment le magnétisme du fer doux et par suite l'attraction exercée sur l'armature pour que l'action du ressort devienne prédominante et que la tige BD s'abaisse en entraînant le levier du sifflet à vapeur.

Lorsque ce levier est abaissé, il conserve cette position et le sifflet continue son avertissement jusqu'à ce que le mécanicien, en pressant sur un bouton F qui fait saillie au-dessous de la boîte, ramène l'armature au contact de l'électro-aimant et, relevant ainsi le bras BD, referme la soupape à vapeur.

Dans les essais qui ont été faits, ni les soubresauts ni les chocs qu'a pu recevoir la machine n'ont jamais détaché l'armature de son électro-aimant, et l'action du courant s'est invariablement produite par des vitesses qui ont atteint 110 kilomètres à l'heure, alors même que le contact fixe était recouvert à dessein d'une couche épaisse de ballast; aussi a-t-on admis ce système d'avertissement dans le service de l'exploitation.

Cette année, vingt-cinq machines faisant le service des trains rapides de Paris à Amiens et à Tergnier ont reçu le sifflet électro-moteur, et la Compagnie a résolu d'étendre successivement son emploi.

APPAREILS POUR SIGNALER LA MARCHE DES TRAINS.

Les sonneries à trembleur ont été les premiers appareils employés pour signaler la marche des trains.

Tunnels. — Ainsi on les a quelquefois utilisées pour signaler le passage des trains dans les tunnels d'une certaine longueur.

Deux coups de timbre indiquaient l'entrée d'un train; le garde de l'extrémité opposée répondait par un coup de timbre qu'il avait reçu l'avis, et il annonçait par trois coups de timbre la sortie du train, ce dont on lui accusait réception par un coup.

Ces sonneries réglaient, dans une certaine mesure, la position des signaux fixes établis aux extrémités du tunnel, afin que deux trains n'y fussent jamais engagés à la fois dans la même direction.

Passages à niveau. — On a encore employé les sonneries pour signaler l'arrivée des trains à des gardes-barrières chargés de la surveillance de certains passages à niveau placés dans des conditions particulières.

On comprend en effet que si l'on a par exemple trois passages à niveau assez voisins d'une gare pour qu'il soit nécessaire de les prévenir du départ des trains et de la plupart des manœuvres des machines, il suffit de placer chez chacun des gardes-barrières une pile avec sonnerie se reliant d'une part à la terre et d'autre part à un fil de ligne qui peut être mis à la terre dans la gare au moyen d'un commutateur.

Cette mise à la terre fait marcher les sonneries et prévient les gardes qu'ils doivent fermer leurs barrières.

Cette solution a été autrefois adoptée par la Compagnie de Lyon; mais elle emploie maintenant, comme nous le

verrons plus loin, des appareils à signaux fixes, préférables par conséquent aux sonneries dont les avertissements ne persistent pas, et peuvent être oubliés par les agents.

Réseau du Nord.—*Système automoteur.*—Il existe sur le chemin de fer du Nord, près de Maubeuge et de Douai, des passages à niveau placés dans des conditions topographiques telles, que la distance à laquelle les trains arrivants peuvent être vus et entendus est trop faible pour laisser aux gardes le temps de fermer leurs barrières.

On aurait évidemment pu prévenir ces agents du départ de chaque train de la gare voisine en adoptant la disposition que nous venons d'indiquer ; mais la Compagnie du Nord a préféré recourir à un système automoteur, imaginé par les contrôleurs de son service télégraphique, MM. Tesse et Lartigue.

Le principe de ce système consiste en ce que, quand un train arrive à 2.000 mètres environ du passage à niveau, les boudins des roues pressent sur une pédale qui ferme le circuit d'une pile et d'une sonnerie placées chez le garde-barrière et font marcher la sonnerie.

La pédale ϖ (*fig.* 7), sur laquelle agissent les boudins des roues, entraîne dans son mouvement un levier λ qui abaisse une lame métallique β fixée à la partie inférieure d'un soufflet Σ, en gonflant par suite ce soufflet.

La lame β qui communique avec le fil de ligne rencontre, dans son mouvement, un contact métallique α communiquant avec la terre, sur lequel elle frotte pendant sa descente excessivement rapide et pendant son retour à sa position première qui est beaucoup plus lent, parce qu'il est réglé par l'expulsion de l'air du soufflet.

Pendant tout le temps que dure le contact des parties $\alpha\beta$, le fil de ligne est mis à la terre ; le circuit de la pile et de la sonnerie placées chez le garde-barrière est fermé et cette sonnerie tinte.

La Compagnie a trouvé, avec raison, qu'il ne suffit pas que la sonnerie tinte pendant la juxtaposition des parties α et β ; elle a voulu qu'une fois mise en marche, elle continue à tinter jusqu'à ce que le garde-barrière vienne lui-même l'arrêter. Pour obtenir ce résultat, on a modifié de la manière suivante les communications établies dans l'intérieur de la sonnerie.

On a prolongé la lame LC à laquelle est relié le ressort de contact R de l'armature AA', et on l'a terminée par une tige C', au-dessus de laquelle se trouve un petit ressort métallique *r* fixé à un levier *ll'* et communiquant avec la terre au moyen de la lame *o*T.

Lorsque la sonnerie est au repos, l'extrémité *l'* du levier est soutenue par un petit taquet *t* fixé à la partie supérieure de l'armature, et maintient le ressort *r* élevé au-dessus de la tige C', de manière que le circuit ne peut être fermé et la sonnerie se mettre en mouvement que par l'action des trains sur la pédale ϖ, qui met la ligne et par suite le ressort R à la terre en $\alpha\beta$.

Mais dès que ce contact $\alpha\beta$ est établi, le courant circule dans l'électro-aimant E et l'armature AA', attirée, dérobe le taquet *t* au levier *ll'* qui s'abaisse et met le ressort *r* en contact avec la tige C'.

Le ressort R communique donc alors avec la terre par le trajet RCC'*ro*T, et la sonnerie, en position régulière de marche, tinte d'une manière continue.

Pour l'arrêter, le garde-barrière abaisse le bras *l* et éloigne ainsi le ressort *r* de la tige C' ; le ressort R ne communiquant plus avec la terre, le circuit ne peut plus

se fermer, l'armature A A′ reprend sa position de repos et présente de nouveau le taquet *t* à l'extrémité *l′* du levier, de manière qu'en abandonnant ce levier à lui-même, il retombe sur le taquet, et l'appareil est prêt à se remettre en marche à l'arrivée du premier train.

L'expérience a montré que ce système ne fonctionne d'une manière satisfaisante, que si le jeu de la pédale *ϖ* est bien assuré. On comprend, en effet, que cette pédale étant soumise à des chocs énergiques et presque instantanés au passage de chaque train, doit être installée avec un soin spécial; aussi y a-t-il lieu de penser qu'on lui substituera le système à frottement appliqué au sifflet électro-moteur précédemment décrit.

Sonneries allemandes. — Sur les sections à voie unique d'Amiens à Tergnier et de Soissons à Laon, la Compagnie du Nord a jugé nécessaire de prévenir tous les gardes-barrières, placés entre deux gares consécutives du départ des trains de ces gares et du sens de leur marche.

Elle a employé à cet effet de fortes sonneries renfermées dans des guérites de 2 mètres de hauteur, et marchant au moyen de courants induits, qui sont en service depuis longtemps en Allemagne.

Dans chaque gare se trouve un appareil inducteur qui consiste en un électro-aimant, tournant en regard d'un faisceau de quatorze aimants naturels : le courant induit ainsi développé va, au moyen d'un fil de ligne, agir successivement sur l'électro-aimant de chacune des sonneries placées près des maisons des gardes-barrières jusqu'à la gare voisine, attire l'armature placée en regard du fer doux de cet électro-aimant, et déclanche ainsi un mouvement à tourne-broche qui commande l'action du marteau sur le timbre.

Une sonnerie supplémentaire placée dans la gare même d'où part le signal, indique à l'opérateur le nombre de coups frappés, afin qu'il puisse diriger sa manipulation de manière à produire les séries de coups de timbre, qui doivent annoncer le sens de la marche du train.

Ce système coûte cher et donne sur le réseau du Nord de moins bons résultats qu'en Allemangne, où un fil spécial permet à la gare d'arrivée de répéter directement à la gare de départ le signal reçu; aussi paraît-il peu probable qu'on en étende l'emploi en France.

Indicateur du réseau de Lyon. — Comme nous l'avons déjà dit, la Compagnie de Lyon a abandonné l'emploi des sonneries pour signaler la marche des trains aux gardes-barrières.

M. Jousselin, inspecteur principal chargé du service télégraphique de la Compagnie, leur a substitué des appareils particuliers à signaux permanents qui reproduisent les ordres ou les indications dont on peut avoir besoin en pareil cas, et qui permettent d'avoir l'accusé de réception du signal transmis.

Extérieurement, l'appareil consiste en une boîte (*fig.* 8), dont la partie supérieure porte un cadran sur lequel une aiguille *a* peut osciller entre deux positions déterminées, tandis que de la partie inférieure sortent deux pédales P, P'.

La boîte G placée à la gare porte :

1° En regard des positions que peut occuper l'extrémité de l'aiguille *a*, les indications *j'ouvre*, *je ferme*, correspondant aux manœuvres des gardes-barrières ;

2° Sur la pédale de gauche, *ouvrez* ;

3° Sur la pédale de droite, *fermez*, qui sont les ordres que l'agent de la gare peut avoir à transmettre.

La boite placée au passage à niveau porte vis-à-vis de l'aiguille les indications : *ouvrez*, *fermez*, correspondant à celles du manipulateur de la gare et sur la pédale de gauche *j'ouvre*, tandis que la pédale de droite porte les deux indications { *Puis-je ouvrir?* / *Je ferme.* }

Récepteur. — Le récepteur, dont l'organe extérieur est l'aiguille *a* oscillant sur le cadran, consiste en une bobine d'électro-aimant E (*fig.* 9 et 10) dont le fer doux porte l'aiguille indicatrice extérieure. Ce fer doux se prolonge à ses extrémités en une partie verticale F qui aboutit entre deux aimants naturels AA′ distants de $0^{m},025$ environ, et placés de manière à avoir en regard leurs pôles de noms contraires.

Lorsqu'un courant positif circule dans cette bobine, il développe un pôle nord dans la partie postérieure et un pôle sud dans la partie antérieure F du fer doux ; celui-ci, attiré par A′ et repoussé par A, s'inclinera donc vers la gauche sur A en entraînant avec lui l'aiguille indicatrice.

Si, au contraire, c'est un courant négatif qui est envoyé dans la bobine E, il développe un pôle nord en F et le fer doux attiré par A, repoussé par A′, s'incline avec l'aiguille vers la droite.

Manipulateur. — Ces émissions de courants positifs et négatifs sont obtenues au moyen des pédales PP′ (*fig.* 8), qui constituent l'organe visible du manipulateur.

Lorsqu'on agit sur l'une de ces pédales P, elle oscille autour de son axe α (*fig.* 9); sa partie antérieure P_1, vient établir le contact de deux ressorts métalliques *r*, *r′* (*fig.* 11) et sa partie postérieure P_2 vient buter par la lame *l* qui la termine contre une vis supérieure V; tandis que, lorsque cette pédale est au repos, sa partie

antérieure P_1, tout en demeurant en contact avec le ressort *r'* (*fig.* 11), laisse ce ressort éloigné de *r*, et la lame qui termine sa partie postérieure appuie sur la vis inférieure V'. La pédale P' est installée de la même manière.

Le ressort *r* de la pédale P communique avec le pôle zinc de la pile et avec le support métallique, sur lequel est fixée la vis V.

Le ressort *r'* communique avec la terre.

Le corps de la pédale P est relié par son axe α avec la partie métallique supportant la vis V', qui correspond à la pédale P'.

La vis supérieure V est reliée par son support avec le pôle cuivre de la pile, et la vis inférieure V' communique avec une des extrémités de la bobine dont l'autre extrémité est reliée à une sonnerie à trembleur et, par cette sonnerie, à la terre.

Les communications de la pédale voisine P' sont les suivantes :

Son axe est relié au fil de ligne qui partant de l'appareil de la gare, va à l'appareil du passage à niveau.

Le ressort supérieur (*r'*) communique avec la terre et avec *r'* de la pédale P.

Le ressort inférieur (*r*) communique avec le pôle cuivre de la pile.

La vis supérieure (V) est reliée avec le pôle zinc et avec le ressort *r* de la première pédale.

La vis inférieure (V') est reliée avec l'axe α de la pédale de droite P.

On voit que si, à la gare, on presse sur la pédale P, on met le pôle zinc de la pile à la terre par les ressorts *rr'* et le pôle cuivre en communication avec le fil de ligne par la vis V, la lame *l* et le corps de la pédale, son axe, la

vis inférieure (V′) de la pédale voisine, la lame *l* et le corps de cette pédale : on envoie donc ainsi un courant positif sur la ligne.

Ce courant positif arrive au récepteur du poste correspondant, se rend à l'électro-aimant, circule dans la bobine et se rend à la sonnerie et à la terre.

Par suite du passage de ce courant positif dans la bobine E, l'aiguille indicatrice correspondante s'incline vers la gauche sur le signal correspondant à la pédale P.

En agissant sur la pédale P′, on met le pôle cuivre de la pile à la terre et l'on envoie un courant négatif par la ligne dans le récepteur correspondant, dont l'aiguille s'incline sur le signal *fermez* écrit en regard de la pédale P′.

Un ordre de service détermine d'ailleurs comment les signaux doivent être échangés, entre la gare et le garde-barrière, pour que le passage à niveau ne soit fermé que pendant le temps strictement nécessaire au passage des trains.

OBSERVATIONS

SUR LES

CAUSES GÉNÉRALES DE DESTRUCTION

DES POTEAUX EN BOIS.

PAR M. BOURSEUL,
Sous-inspecteur des télégraphes.

Sous l'influence de l'air et à l'abri de l'humidité, le bois éprouve une altération superficielle et prend une teinte plus foncée ; il s'oxyde, se brûle, mais l'action se produit avec une extrême lenteur.

On sait que sous l'eau, à de grandes profondeurs, soustrait par conséquent à l'action de l'air atmosphérique, le bois peut se conserver pendant des siècles.

Pour que le bois éprouve une altération rapide, il faut l'action simultanée de l'air et de l'eau.

Lorsque l'air est en excès, c'est-à-dire lorsque le bois maintenu humide est exposé à l'air, la détérioration qu'il éprouve prend le nom de *pourriture sèche.* Les matières non azotées du bois renferment du carbone, plus les éléments de l'eau. L'hydrogène du bois se combine avec l'oxygène de l'air ; de l'oxygène et du carbone se séparent en outre sous forme d'acide carbonique. Le résidu est une matière pulvérulente, noire ou brune, de composition variable suivant l'essence du bois qui l'a produite, et que l'on nomme *humus* ou *terreau.*

Si au contraire c'est l'eau qui se trouve en excès, c'est-à-dire si le bois étant fortement mouillé l'air agit sur lui,

mais sans avoir libre accès, comme cela arrive près de la surface du sol quand le bois est enfoui dans un terrain perméable et très-humide, la décomposition prend le nom de *pourriture humide.*

Dans ce cas, les éléments de l'eau entrent en combinaison avec ceux du bois, ainsi qu'une faible quantité d'oxygène de l'air. Une partie d'oxygène de l'air et du carbone se séparent comme dans le cas précédent sous forme d'acide carbonique. Le résidu est une matière blanchâtre, molle, se coupant facilement, mais restant unie et compacte; c'est le *pourri blanc.*

Il existe une autre cause de détérioration. Le bois renferme en plus ou moins grande quantité des matières azotées. Ces matières, lorsqu'elles sont maintenues parfaitement sèches, se conservent sans altération; mais sous l'influence de l'humidité et de la chaleur, elles se transforment d'elles-mêmes. L'eau ne sert pas seulement ici de milieu pour favoriser le mouvement des molécules; elle agit en vertu de l'affinité de ses éléments pour la substance organique. L'azote, dont les composés sont toujours très-peu stables, tend à se séparer dès que la substance dont il fait partie a cessé d'appartenir à la vie organique; il s'unit à l'hydrogène de l'eau et donne de l'ammoniaque. En outre, le carbone s'unit à l'oxygène et il se dégage de l'acide carbonique. Il y a donc là une double affinité; deux causes d'altération agissent à la fois, aussi la substance se métamorphose-t-elle très-rapidement. Le bois, dans ce cas, est détruit par la *fermentation putride.*

En somme, trois causes principales bien distinctes peuvent amener la destruction du bois : 1° l'action dominante de l'air : le bois éprouve une véritable combustion; 2° l'action dominante de l'eau : le bois s'hydrate e

n

s'oxydant un peu ; 3° la métamorphose de la substance azotée : le bois fermente.

Si ces données sont exactes, on doit reconnaître que la question de la conservation des bois est un problème complexe et qui est loin d'être complétement résolu. Si outre toutes les causes particulières qui peuvent amener la destruction des bois, il existe des causes générales et bien distinctes de détérioration, on peut se demander s'il est possible de leur opposer un remède unique applicable dans tous les cas. Peut-on espérer qu'une substance injectée dans les pores du bois suffise pour le préserver d'une façon absolue, et si l'on arrive par là à arrêter la fermentation du bois, le bois sera-t-il aussi à l'abri de la pourriture sèche et de la pourriture humide? Reprenons avec plus de détails les diverses causes de détérioration.

Des trois causes de pourriture qui ont été énumérées, chacune des deux premières peut exister isolément. Supposons que par l'injection d'une substance quelconque, sulfate de cuivre ou tannate de fer, la matière azotée se trouve coagulée et forme ainsi des composés insolubles, résistant, comme on l'a dit, à tous les lavages. Cela n'empêchera pas le ligneux et la cellulose de s'oxyder ou de se combiner avec les éléments de l'eau suivant que le bois se trouvera dans les conditions ci-dessus indiquées comme amenant la pourriture sèche ou la pourriture humide. Ce fait est parfaitement établi par l'observation directe. Qu'un poteau soit injecté de n'importe quelle manière, si on le plante dans un terrain qui soit à la fois maintenu humide par des matières calcaires et divisé par du sable qui le rende perméable à l'air, il pourra être préservé de la fermentation, mais il sera néanmoins détruit avec plus ou moins de rapidité par l'un ou par l'autre mode de pourriture.

D'un autre côté, si le bois subit la fermentation putride, il se désorganise rapidement; dès lors les parties non azotées ne tardent pas elles-mêmes à pourrir. La troisième cause de destruction se combine donc toujours avec l'une ou l'autre des deux premières. C'est ce qui arrive le plus souvent pour les bois qui n'ont reçu aucune préparation.

Il en résulte que si l'on ne considère que le résultat, si l'on se borne à examiner les résidus, on trouve qu'il n'y a que deux sortes de pourritures, et il importe de les bien distinguer.

La pourriture sèche produit d'abord une tache brunâtre, allongée dans le sens des fibres du bois, beaucoup plus étroite dans le sens transversal. Cette tache pénètre peu à peu de la surface vers le cœur du bois; puis cette surface se désagrége; le terreau, que l'on nomme quelquefois *pourri noir*, se détache sous le moindre effort, le bois se troue; il semble qu'il ait été lentement rongé par le feu.

Tandis que cette action se produit peu à peu et que le poteau, quoique destiné à périr si l'on n'y remédie, peut néanmoins, dans ces conditions, résister pendant plusieurs années, la pourriture blanche agit avec une extrême rapidité. Le résidu ne ressemble en rien à celui de la pourriture sèche. Le tissu paraît gonflé par l'humidité; il reste compacte, mais se coupe très-facilement et présente alors une surface unie. Si l'on n'entamait le bois pour constater l'état dans lequel il se trouve, on pourrait croire qu'il a conservé sa consistance et sa solidité.

Toutes les fois que le bois est attaqué par la pourriture humide, il se développe en même temps un champignon d'une espèce déterminée. Pour les bois de pin et de sapin, ce champignon appartient au genre mérule. Il

est connu des botanistes * sous le nom de *merulus destruens* ou *lacrymans*. Lorsque ce végétal envahit un poteau, on le voit d'abord paraître au nord, c'est-à-dire dans la partie la plus humide *et la moins exposée à la lumière*. Il sort de terre le long du bois, sous forme de filaments d'une grande blancheur, qui s'introduisent dans les moindres fentes du poteau, s'y développent et se répandent ensuite dans tous les vides qu'ils trouvent dans le terrain environnant, sous les pierres plates, dans les intervalles ouverts qui existent souvent entre le bois et le sol. Ces filets se réunissent, prennent de la consistance et forment bientôt une surface blanche, molle, qui adhère fortement au bois. Dans cet état il secrète des gouttelettes d'un liquide limpide, incolore, et c'est de là que lui est venu le nom de *lacrymans*. Il est possible que ce liquide, qui donne une légère réaction acide, contribue à rendre solubles certaines parties du bois aux dépens desquelles le champignon se nourrit. Quoi qu'il en soit, sous toute la surface occupée par le mérule, le bois est imbibé à une grande profondeur. En outre le champignon absorbe très-facilement l'humidité de l'air et surtout celle du sol et la fixe pour ainsi dire d'une manière permanente sur le poteau.

Lorsque le mérule parvient à maturité, il prend une teinte d'un roux clair, due sans doute à la présence des spores qui apparaissent à sa surface. Ces semences, d'une très-grande ténuité, pénètrent facilement dans les moindres fissures du bois, et, si elles y trouvent les conditions convenables pour fructifier, ce bois se trouve

* Sur les renseignements que je lui avais communiqués, M. Roumeguère, de Toulouse, a étudié le champignon qui détruit les poteaux. — Il a adressé à ce sujet à la Société botanique de France deux notes qui ont été insérées dans le Bulletin de cette Société (18e volume, année 1871).



bientôt envahi par d'innombrables germes de destruction.

A l'état de développement complet, le mérule affecte une forme ronde ou ovale de 25 à 30 centimètres de tour. Je l'ai trouvé pour la première fois dans cet état sur le chemin de fer d'Orléans, au nord de Toulouse. J'étais d'abord étonné de voir les champignons rangés sur des lignes parallèles et équidistantes. En cherchant la cause de cette régularité, je constatai que ces lignes correspondaient précisément aux traverses qui sont enfouies sous le sol pour supporter les rails. La plupart de ces traverses étaient complétement pourries.

Sur les poteaux télégraphiques on trouve assez rarement le champignon à l'état de maturité. Les ravages sont surtout produits par le végétal sous forme de *mycelium*, c'est-à-dire par ces filaments blancs et soyeux dont il a été parlé plus haut. Ces filaments rompent les fibres du bois, implantent d'abord leurs extrémités les plus ténues dans les fentes étroites, les écartent, s'y développent et se répandent peu à peu dans toute la masse ligneuse avec laquelle ils finissent par faire corps *. Ce mycelium, qui paraît croître et s'étendre en toute saison, se développe avec une très-grande rapidité en profondeur et surtout dans le sens horizontal. Si la nature du terrain s'y prête, et s'il se trouve sous le sol une quantité suffisante de bois mort, il n'est pas rare de voir le mycelium se propager en un an à plus d'un mètre de distance.

* Ce fait n'est point du reste spécial au champignon qui nous occupe. — J'ai souvent trouvé le bois mort des poteaux envahi par des radicelles, notamment par celles du chiendent. En ouvrant avec soin dans le sens de la longueur un morceau de bois atteint de pourriture humide, j'ai souvent vu de ces radicelles de chiendent qui, après s'être insinuées par une fente, s'étaient développées dans le bois mort, le repoussant à mesure qu'elles grossissaient, de manière à y laisser finalement leur empreinte parfaitement moulée.

Dans le sens vertical, il descend tant que la végétation reste possible, c'est-à-dire tant qu'il trouve un sol à la fois humide et perméable à l'air.

On peut se demander si c'est bien le champignon qui amène la destruction du bois; on peut prétendre que le végétal ne se développe sur le bois que parce que ce dernier est atteint de pourriture.

Il est très-probable que toujours la pourriture préexiste, parce que s'il n'y avait pas un commencement d'altération du bois, les spores ou le mycelium, suivant les cas, ne trouveraient pas les conditions nécessaires à leur développement. Mais le champignon, de son côté, augmente rapidement la pourriture qui à son tour favorise le développement du végétal, et ainsi de suite, de sorte que les deux causes de destruction vont s'accélerant l'une l'autre. Ainsi s'explique la surprenante rapidité avec laquelle le bois se trouve détruit. Il est à peine besoin d'ajouter que l'injection au sulfate de cuivre ne préserve nullement les poteaux de ce genre de destruction. Sur le chemin de fer du Midi, entre Toulouse et Montauban, dans les parties où la voie se rapproche du canal latéral, des poteaux injectés, attaqués par le *mérule destruens* ont été mis hors de service en moins de six mois.

On conçoit que l'on a affaire ici à un très-dangereux ennemi. Le mérule végète sur les pins et les sapins vivants; des spores ou des mycelium peuvent être logés dans les interstices du bois. Dès lors, en plantant le poteau on enfonce avec lui les germes de destruction qui, dans d'autres cas, se trouvent à l'avance dans le sol lui-même ou sont transportés par l'air.

On a vu avec quelle facilité les germes s'introduisent dans les fentes du bois. J'ai souvent observé sur le bord des routes des arbres abattus auxquels on avait laissé

l'écorce. L'aubier se dessèche, par suite les fibres du bois tendent à se rapprocher, tandis que le cœur plus sec et plus dur conserve son volume; l'aubier se fend, l'écorce s'entr'ouvre. Sur le reste de la surface les germes sont lavés par la pluie ou emportés par le vent; mais dans ces interstices ils se logent et fructifient, et bientôt le champignon sort en même temps par toutes les fentes.

Naturellement la même chose se produit lorsque deux pièces de bois sont assemblées l'une contre l'autre *.

Dans les dépôts, les poteaux sont placés horizontalement les uns sur les autres. S'ils séjournent trop longtemps dans la même position, ***quand même ils ne reposeraient pas directement sur le sol;*** s'ils sont exposés à la pluie, ou si étant couverts, ils se trouvent à l'ombre dans un endroit humide, mal aéré, on constate bientôt que le champignon s'est développé à tous les points de contact des poteaux entre eux. Si l'on n'y prend garde et si l'on plante les poteaux dans cet état, on est à peu près certain qu'ils ne tarderont pas à périr. On doit surtout se méfier des traverses que l'on emploie pour y placer les arbres et qui le plus souvent proviennent de poteaux hors de service et atteints par la pourriture blanche. Lorsque, exceptionnellement, on se trouve forcé de laisser ainsi des poteaux en dépôt, il faut avoir soin de les faire remanier de temps en temps afin de changer les points de contact et d'exposer successivement à la lumière les diverses parties du bois. Quand le champignon a commencé à se développer, il est indispensable de cautériser la place attaquée soit par le feu, soit par l'acide sulfurique.

Lorsqu'un poteau une fois planté est attaqué par le mérule, il devient très-difficile de le préserver. Les

* Comme dans les accouplements, la traverse est assemblée avec chacun des poteaux.

agents chargés de la surveillance des lignes, dès qu'ils constatent au pied du poteau l'existence des filaments qui décèlent facilement la pourriture blanche, devraient aussitôt dégarnir le pied de l'arbre jusqu'à ce qu'ils ne trouvent plus dans le sol aucune trace de mycelium, jeter au loin toute la terre infectée et enlever, à l'aide d'un outil tranchant *, toute la partie du poteau qui est entamée, y brûler des copeaux ou des branches, puis replacer autour du poteau de la terre, autant que possible compacte, argileuse, privée d'air. Des couches alternatives d'argile délayée et d'ardoises ou de pierres plates finissent par adhérer ensemble et forment au pied du poteau une masse compacte, une sorte de béton naturel qui suffit le plus souvent pour préserver complétement le bois.

Le champignon, pour végéter, a nécessairement besoin de rester en communication avec l'atmosphère. Il ne se développe, par suite, que jusqu'à une profondeur variant, suivant la nature du sol, entre 30 et 50 centimètres **. Dans les terrains où le bois est ordinairement attaqué, il faudrait, sans attendre que la pourriture ait commencé, renouveler la terre par intervalles et surtout la damer fortement. Le meilleur instrument sera évidemment celui qui aura le plus de poids et qui présentera le moins de surface possible, sans cependant s'enfoncer dans le sol. La pince de mineur, dont se servent ordinairement les surveillants, peut être utilisée dans ce cas. Il suffit de terminer l'une des extrémités par une masse de fer en forme de pyramide tronquée dont la base carrée présente une

* Une bèche coupante, étroite, un peu arrondie vers le bas pour suivre le contour du poteau remplit bien cet objet.

** On a constaté l'existence du mycelium souterrain jusqu'à une profondeur de 3 mètres. — Mais ce cas de géantisme doit être considéré comme tout à fait exceptionnel.

surface de 40 à 50 centimètres carrés au plus. Cette pince forme aussi un outil à double fin d'un emploi très-commode et très-efficace. Employée pour la plantation des poteaux, elle durcit fortement la terre et consolide les appuis en même temps qu'elle les préserve de la pourriture.

En remaniant et en renouvelant la terre par intervalles, on détruit tous les végétaux qui, comme il a été dit, vivent de la substance du bois. Il faut en même temps faire disparaître les broussailles, les arbrisseaux qui non-seulement agissent par leurs racines, mais qui cachant le pied du poteau, le privent de lumière, empêchent la circulation de l'air et maintiennent une humidité constante.

L'emploi de ces moyens aura pour effet de retarder considérablement la destruction des bois, et suffira très-souvent pour les préserver de la pourriture. Il ne faut pas se dissimuler néanmoins que le poteau une fois atteint par le champignon, il devient très-difficile de combattre le mal. Si l'on veut arriver à le conserver à coup sûr, il faut que la surface du bois soit complétement isolée de l'eau et de l'air qui l'environnent. Dans ce but, on pratique autour du poteau un trou en forme de cône renversé descendant à une profondeur de 50 centimètres environ. On garnit ce trou de béton ou de ciment, et l'on termine le bloc, au-dessus du niveau du sol, par une surface inclinée et sur laquelle l'eau de la pluie vient glisser. Les joints, près du bois, doivent être garnis avec un soin exceptionnel.

Les manchons en fer employés dans le même but coûtent cher; de plus, par les motifs qui seront exposés plus loin, leur usage présente de graves inconvénients.

J'ai obtenu des résultats très-satisfaisants en enduisant d'abord de goudron de houille ou de peinture toute la

partie à préserver et en la recouvrant ensuite d'une feuille de zinc clouée, soudée sur le joint et mastiquée en haut et en bas.

Les surveillants m'avaient souvent affirmé que sur les routes les poteaux d'exhaussement pourrissent toujours dans une plus grande proportion que les appuis ordinaires. Ce fait, qui paraît d'abord impossible, s'explique aisément : les poteaux dont il s'agit sont placés le plus souvent auprès des ponceaux qui conduisent aux propriétés riveraines. La chaux et le sable employés dans ces constructions se mêlent au sol environnant en quantité suffisante pour amener la pourriture du bois. Cette action est d'ailleurs facilitée par les alternatives de sécheresse et d'humidité que produit le voisinage du fossé. On doit donc éviter de planter des appuis trop près des ponceaux.

On doit également s'abstenir de la façon la plus absolue de planter un poteau neuf dans un trou où un autre aurait précédemment pourri. Les germes de destruction étant là tout prêts, ce second poteau serait destiné à périr beaucoup plus rapidement encore que le premier *.

La pratique qui consiste à briser au niveau du sol les poteaux pourris est des plus mauvaises. Il faut arracher le poteau en entier sans en rien laisser, faire, s'il se brise, tout le travail nécessaire pour enlever complétement la partie malade, brûler ou emporter cette partie du poteau, combler et damer l'ancien trou et planter en

* Ces observations démontrent que le problème de la conservation des appuis télégraphiques devient de plus en plus difficile à résoudre, car chaque jour la quantité des matières en décomposition qui peuvent accélérer la pourriture des poteaux augmente dans les terrains avoisinant les voies ferrées, tant par la décomposition des traverses qui supportent les rails que par la pourriture des poteaux des premières lignes.



outre le nouvel appui à *un mètre au moins* du premier. Si des traverses pourries provenant d'accouplements, si des bouts de poteaux sont laissés en place, les filaments du mycelium, dans un sol léger ou crevassé, se font jour à travers des distances que l'on croirait infranchissables et viennent bientôt envahir le bois.

On a pu remarquer que quand un poteau a péri par la pourriture humide, même en ayant soin d'enlever à l'aide de la scie toute la partie attaquée et de replanter l'appui à une distance suffisante de la place qu'il occupait d'abord, ce poteau ne fait pas d'ordinaire un bien long usage et ne tarde pas à périr de nouveau. Il est presque impossible, en effet, que des germes destructeurs ne restent dans les fissures du bois. Le mal est plus grand encore si, au lieu de replanter immédiatement le poteau sur place, on le laisse pendant un certain temps exposé à l'air. Dans ce cas le poteau ne vaut plus le transport; une fois replanté, il périt presque toujours avec une extrême rapidité.

Si j'ai réussi à faire connaître la nature du mal qu'il s'agit de combattre, on doit comprendre combien il est plus facile de le prévenir que de le chasser quand une fois il s'est manifesté. Il me paraît à peu près certain que parmi les nombreux enduits connus et employés dans le but d'empêcher l'humidité, on doit pouvoir en trouver un qui soit capable de préserver le bois enterré, et en supposant, ce qui est très-probable, que cet enduit dût être renouvelé par intervalles plus ou moins longs, son usage présenterait encore des économies considérables.

Le goudron de houille n'a pas réussi; j'ai lieu de croire qu'en général on ne s'en est pas bien servi. Ce goudron doit être employé à chaud, mais il faut éviter de le laisser bouillir trop longtemps, sinon il perd les huiles

essentielles qui seules peuvent l'aider à entrer dans le bois, et il se réduit à une substance en tout point semblable au bitume. Le bois doit être fortement chauffé. On fait ainsi disparaître l'humidité, on ouvre les pores du bois, et le black y pénètre en formant une couche adhérente et résistante. Une seule couche épaisse est d'un très-mauvais effet; il faut, pour réussir, donner des couches légères et répétées, ce qui est assez difficile et exige de la pratique. Faute d'employer ces précautions on dépose simplement à la surface du bois un enduit qui en est séparé par l'humidité, qui est aigre, cassant, et se fendille presque aussitôt. Dans ces conditions tous les agents de destruction pénètrent par ces fentes et le bois est attaqué presque aussi rapidement que si l'enduit n'existait pas. Les précautions ci-dessus indiquées ne peuvent guère être employées que dans un chantier de préparation. Le meilleur moyen consisterait à chauffer d'abord le bois, à introduire ensuite dans un bain de black froid toute la partie qui doit être enterrée, et à l'y laisser séjourner pendant vingt-quatre heures au moins. Le goudron serait ensuite porté à l'ébullition. Après l'opération on pourrait, si l'on veut faciliter le mouvement de la séve, raccourcir le poteau de quelques centimètres à la partie inférieure afin de n'avoir pas un fond imperméable *.

La carbonisation, mieux appliquée qu'elle ne l'a été, eût également donné de très-bons résultats. En portant le bois à une température suffisante, on coagule les substances fermentescibles, on tue en outre les organismes étrangers; les spores, le mycelium sont désorga-

* J'ai fait sur l'emploi du goudron de houille un très-grand nombre d'observations. — Le développement de ces procédés m'entraînerait ici trop loin; je dois du reste attendre que le temps et la pratique aient fait connaître quels sont ceux qui répondent le mieux au but que je me propose.



nisés. Mais il vaut mieux brûler imparfaitement le bois, le torréfier ou seulement le roussir que de le trop entamer par le feu, comme on l'a généralement fait. Quand la couche carbonisée est trop épaisse et a perdu sa consistance, elle se fend d'elle-même, se brise dans les transports, et le bois se trouve en communication avec l'air. Je suis parvenu à obtenir une couche mince et très-uniforme en mouillant le bois avec de l'eau acidulée par l'acide sulfurique (cinq parties d'eau et une d'acide) et en chauffant légèrement sans exposer directement le bois à la flamme. Plus on met d'acide dans l'eau, moins il faut chauffer. Il est préférable, pour obtenir une couche bien solide, de chauffer plus longtemps et à une température moins élevée. Ce moyen mérite d'autant plus d'être essayé que l'acide sulfurique pénètre à une certaine profondeur dans le bois et y exerce une action préservatrice contre le développement du champignon.

Je reviens maintenant à l'autre mode de destruction des poteaux, la *pourriture sèche* dont il a été question au commencement de cette note.

Celle-ci est infiniment plus facile à combattre; elle agit très-lentement, n'est pas nécessairement accompagnée d'une production végétale; elle n'est pas contagieuse. Si le bois pourri dans ces conditions fait pourrir d'autre bois, ce résultat est uniquement causé par la nature du résidu. Le *terreau*, le *pourri noir* est très-hygrométrique. Il divise le sol environnant, y maintient par suite l'humidité et facilite surtout l'introduction de l'air.

Les arbres sur pied peuvent être atteints de pourriture sèche soit à leur surface, soit à l'intérieur. On trouve fréquemment de très-vieux arbres dont l'écorce et l'aubier se sont entr'ouverts; des vides se sont formés entre

deux couches concentriques, et si l'on frappe fortement l'arbre, il tombe entre ces couches une poudre brune qui n'est autre chose que de l'humus.

Le bois ouvré, lorsqu'il est atteint de cette pourriture en est assez facilement préservé. Il suffit d'enlever entièrement, de cautériser la partie malade et d'y passer ensuite un enduit. L'action déjà très-lente par elle-même est ainsi retardée au point de ne plus produire que des dégâts insignifiants.

Mais la pourriture sèche agit sur les poteaux télégraphiques dans des conditions spéciales qu'il me paraît intéressant de signaler.

On a déjà vu que, au point de contact de deux pièces de bois, la pourriture humide se produit facilement; que le bois ayant déjà servi court risque de périr très-vite et de faire périr celui qu'il touche. On conçoit en outre que si la terre est fortement remuée sur une grande surface elle est d'autant plus aérée, ameublie, propre par conséquent au développement des végétaux nuisibles. Toutes ces conditions se trouvent le plus souvent réunies dans un accouplement de deux poteaux; déjà donc il n'y a pas lieu de s'étonner que les poteaux ainsi accouplés soient détruits beaucoup plus rapidement que les appuis ordinaires. Il y a en outre une cause beaucoup plus fréquente de destruction.

J'ai souvent assisté aux travaux d'entretien afin de pouvoir constater en même temps et le mode de détérioration, et les conditions précises dans lesquelles elle s'était produite. J'ai remarqué que non-seulement la plupart des poteaux remplacés appartenaient à des accouplements, mais que presque tous ils étaient attaqués de la même manière. La cheville en fer qui fixe la traverse au poteau est la véritable cause des dégâts produits.

Quoique l'action nuisible du fer sur le bois soit bien connue, je crois utile de rappeler ici comment elle se produit. Dans un milieu humide et en présence de l'air le fer se rouille; il se forme du sesquioxyde de fer. Au contact des matières organiques ce produit se désoxyde, le sesquioxyde cède son oxygène à l'hydrogène du bois et passe à l'état de protoxyde. Mais ce dernier composé absorbe rapidement l'oxygène de l'air; il se reforme donc du sesquioxyde qui produit sur le bois une nouvelle oxydation. Le sesquioxyde est, dans ces conditions un véritable réservoir d'oxygène, qui d'un côté se vide au profit du bois et de l'autre s'emplit aux dépens de l'air. Ce sesquioxyde agit donc comme un corps oxydant très-énergique et d'une façon continue. En résumé le fer brûle le bois. Il faut remarquer de plus que le sesquioxyde de fer étant, comme l'alumine, soluble par dialyse, les ravages dans le bois humide doivent s'étendre très-rapidement.

Le sulfate de cuivre est, dans ce cas particulier, plus nuisible qu'utile à la conservation du bois, par cette raison toute simple qu'aussitôt en présence du fer il est transformé en sel de fer. Or il a été dit, dans une récente discussion, que ces sortes de sels sont éminemment destructeurs du bois.

Quoi qu'il en soit, voici les résultats exacts de la détérioration produite par le fer sur un poteau injecté au sulfate de cuivre, choisi parmi un grand nombre du même genre. La cheville de fer reste adhérente au cœur du bois; au-dessus et au-dessous de cette cheville, dans le sens des fils du bois, à 50 centimètres environ de chaque côté le bois est complétement rongé. A droite et à gauche, dans le sens transversal, la pourriture a une largeur de 10 centimètres; elle a une profondeur de 5 à 6 centi-

mètres. En sciant à diverses hauteurs un poteau ainsi pourri, on constate que la section, dans la partie qui correspond aux fibres détruites, a conservé en partie sa consistance, mais présente une tache d'un brun noir jusqu'à une distance de plus d'un mètre de la cheville. Lorsque les accouplements dont il s'agit étaient plantés sur un talus, la traverse étant horizontale, l'une des chevilles communiquait plus facilement que l'autre avec l'air extérieur et le poteau correspondant était plus attaqué que l'autre. Il ne peut donc subsister aucun doute sur la cause réelle du phénomène.

L'usage des chevilles en bois d'acacia, qui sont employées dans la marine et connues sous le nom de *gournables*, ferait donc disparaître un grand nombre de cas de pourriture.

Mais comme le seul fait d'assembler souterrainement plusieurs pièces de bois présente, dans beaucoup de terrains, des causes à peu près certaines de destruction, je pense que d'une part on doit, toutes les fois qu'on le peut, éviter ce genre d'appuis, et que pour les cas où les accouplements sont rigoureusement indispensables, il serait du plus grand intérêt d'aviser aux moyens d'éviter l'emploi des traverses.

Il suffit le plus souvent d'employer un poteau solide et de l'entourer d'un bloc en béton ayant la forme d'un prisme triangulaire. L'une des faces, dont la largeur doit varier suivant la résistance à vaincre, est perpendiculaire à la résultante des tensions du fil, et ce prisme s'appuyant ainsi sur le sol par une surface suffisante, maintient le poteau dans sa position verticale.

A moins de circonstances exceptionnelles, le poteau incliné ne peut s'enfoncer dans le sol ; c'est le poteau vertical qui tend à se soulever par l'action des fils. On

peut éviter ce mouvement et maintenir le poteau en place à l'aide d'un bloc entourant la partie inférieure du poteau vertical. Une bande de fer contournant extérieurement les deux poteaux à chacun desquels elle est solidement fixée par deux vis, empêche ces poteaux de s'écarter et complète ce système d'accouplements.

Si les circonstances exigent que le poteau incliné soit également consolidé dans son assiette, on l'entoure aussi d'un bloc de béton ; ce dernier peut être placé au niveau du sol.

DES GRANDEURS ÉLECTRIQUES

ET DE LEUR MESURE EN UNITÉS ABSOLUES

PAR M. E. E. BLAVIER,

(Suite.)

IV

MESURE DES GRANDEURS ÉLECTROSTATIQUES.

66. La capacité électrostatique S d'un conducteur ou d'un condensateur, sa charge électrique Q et son potentiel V, ou plutôt la différence des potentiels des deux armatures, sont liés par la relation

$$Q = VS.$$

Pour avoir les valeurs de ces trois grandeurs, il faut mesurer directement au moins deux d'entre elles.

La capacité électrostatique d'un condensateur peut, dans quelques cas particuliers, se déduire de sa forme géométrique et de ses dimensions ; mais, en général, c'est par l'expérience qu'elle se détermine ainsi que le potentiel et la charge.

Les instruments qui servent à ces mesures sont les *électromètres* et les *condensateurs-étalons* *.

Électromètres.

67. Les électromètres sont des appareils qui, mis en communication avec un corps électrisé ou avec une source

* Ces appareils correspondent aux galvanomètres et aux bobines de résistance qu'on emploie dans l'étude des courants. Nous reviendrons sur l'analogie qui existe entre les phénomènes de condensation et les phénomènes de propagation.



électrique, se mettent au même potentiel en prenant une charge qu'on mesure par l'attraction ou la répulsion qu'elle exerce sur un autre conducteur également électrisé et qui fait aussi partie de l'instrument; de la grandeur de cette charge on déduit la valeur du potentiel.

Tantôt le second conducteur est électrisé par la même source électrique que le premier, tantôt on a recours à une source étrangère, ce qui fournit deux classes distinctes d'électromètres; les uns sont dits *idiostatiques* et les autres *hétérostatiques*.

Tout électromètre doit donc comprendre au moins un conducteur mobile et la charge est donnée soit automatiquement par la lecture d'un angle ou d'une longueur, soit par la grandeur de la force qu'il faut appliquer pour vaincre l'attraction ou la répulsion électrique et ramener à une même position d'équilibre la partie mobile de l'appareil. Cette dernière disposition, qui exige une opération manuelle, est d'un emploi moins commode, mais elle fournit des résultats plus aisément comparables puisque la capacité électrostatique de l'instrument reste constante.

Certains électromètres donnent directement la valeur absolue du potentiel par la mesure d'une longueur ou d'une force; on les nomme *électromètres absolus**. Les autres peuvent être gradués ou disposés de façon que leurs indications soient proportionnelles aux potentiels, mais pour en avoir la véritable valeur il est nécessaire de multiplier ces indications par une constante propre à chaque appareil et qui doit être déterminée par l'expérience.

* On nomme, en général, instruments absolus ceux qui donnent directement, en fonction de l'unité, la véritable valeur des grandeurs qu'ils servent à mesurer.

La balance de Coulomb, lorsqu'on connaît le moment de torsion du fil, et la balance ordinaire disposée comme il a été dit au n° 35, sont des électromètres absolus. On peut en effet mesurer à l'aide de ces instruments la force f avec laquelle se repoussent deux petites sphères égales électrisées par la même source électrique et en déduire leur charge q et leur potentiel V. Si, en effet, ces sphères sont assez petites par rapport à leur distance l pour qu'il ne se produise pas d'induction électrostatique, $f=\frac{q^2}{l^2}$ et $q=l\sqrt{f}$; r étant le rayon des deux sphères, leur potentiel V, égal à celui de la source, est $V=\frac{q}{r}=\frac{l\sqrt{f}}{r}$.

On peut aussi appliquer la méthode hétérostatique en électrisant préalablement l'une des deux sphères avec une source dont le potentiel est connu.

68. Ces instruments, qui exigent une charge relativement considérable des sphères, ne peuvent convenir pour la mesure de faibles potentiels, et l'on a été conduit à construire des électromètres plus sensibles; les principaux sont :

L'électromètre ou électroscope à pailles ou à lames d'or, dans lequel les charges et par suite les potentiels se mesurent par l'écartement plus ou moins grand de deux pailles ou de deux lames;

L'électromètre de Peltier formé de deux tiges horizontales, dont l'une est fixe et l'autre mobile. Cette dernière, en aluminium, est ramenée au contact de la première par une petite aiguille aimantée et dévie lorsqu'une charge électrique est communiquée à l'appareil. Pour de très-petites déviations le potentiel est proportionnel à l'angle formé par les deux aiguilles;

L'électromètre de Bonhenberger, qui consiste en une

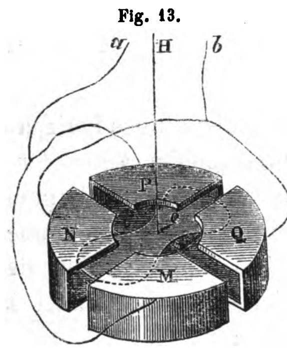
petite lame d'or mobile entre les deux pôles contraires d'un pile sèche et qui se rapproche de l'un ou l'autre lorsqu'elle est électrisée ;

Les électromètres à disques, imaginés par Harris, qui reposent sur l'attraction de deux disques parallèles maintenus à des potentiels différents. Les deux disques étant placés à une distance très-petite l'un de l'autre, les fluides contraires se distribuent à leur surface d'une façon à peu près uniforme ; la différence des potentiels des deux disques est proportionnelle à la distance à laquelle ils doivent être amenés pour produire une force attractive constante.

La mesure des potentiels a été perfectionnée dans ces derniers temps par sir William Thomson qui a imaginé plusieurs électromètres remarquables par leur sensibilité et leur précision, et notamment l'électromètre à quadrant et l'électromètre absolu que nous allons décrire.

69. *Électromètre à quadrant de M. Thomson.* — Cet électromètre, qui est destiné à mesurer de très-faibles différences de potentiel, repose sur la méthode hétérostatique ; il se compose d'une boîte plate et circulaire en cuivre, divisée en quatre secteurs parfaitement égaux suivant deux diamètres perpendiculaires. Ces quatre secteurs ou quadrants M, N, P, Q (*fig.* 13), sont rapprochés de façon à ne laisser entre eux qu'un très-petit intervalle ; ils sont reliés deux à deux, et en croix, M avec P, N avec Q ; les fils de communication aboutissent à deux fils *a* et *b*.

Fig. 13.



La partie mobile est une feuille d'aluminium *e*, dé-

coupée en forme de 8, qui est suspendue au centre de la boîte par un fil de platine H. Dans la position d'équilibre la ligne médiane de l'aiguille est parallèle à l'un des diamètres de séparation des secteurs, ce qu'on réalise aisément en tournant convenablement l'axe de suspension du fil.

L'aiguille est mise en communication par l'intermédiaire du fil de suspension avec une source électrique spéciale qui lui communique un potentiel constant.

Les quatre secteurs étant parfaitement symétriques exercent sur l'aiguille des actions dont la résultante est nulle s'ils ont tous les quatre une charge égale, c'est-à-dire s'ils ont le même potentiel ou un potentiel nul; mais si leur charge est inégale, l'aiguille dévie de sa position d'équilibre.

Pour mesurer la différence des potentiels de deux sources, qui sont par exemple les deux pôles d'une pile ou un corps électrisé à la terre, on met l'une d'elles en communication avec les deux secteurs P et M par le fil *a*, et l'autre avec les deux secteurs N et Q par le fil *b*. L'aiguille est soumise à un couple et tourne jusqu'à ce que la torsion du fil fasse équilibre à l'action des secteurs.

Le fil de suspension est assez rigide pour que la déviation soit extrêmement faible, de sorte que la position des divers points de l'aiguille d'aluminium reste à peu près la même par rapport aux secteurs, dont la capacité électrostatique n'est pas sensiblement modifiée.

Soit C le potentiel de l'aiguille, A celui des secteurs M et P, et B celui des deux autres N et Q (*fig.* 14). La partie *m* de l'aiguille qui est entourée par le quadrant M forme l'armature intérieure d'un condensateur dont le quadrant lui-même est l'armature extérieure; sa charge est proportionnelle à la différence A — C des potentiels

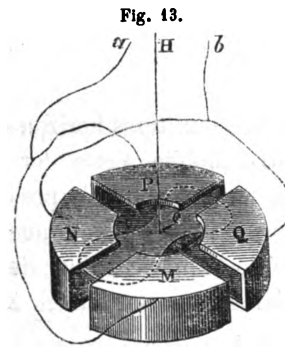
petite lame d'or mobile entre les deux pôles contraires d'un pile sèche et qui se rapproche de l'un ou l'autre lorsqu'elle est électrisée ;

Les électromètres à disques, imaginés par Harris, qui reposent sur l'attraction de deux disques parallèles maintenus à des potentiels différents. Les deux disques étant placés à une distance très-petite l'un de l'autre, les fluides contraires se distribuent à leur surface d'une façon à peu près uniforme ; la différence des potentiels des deux disques est proportionnelle à la distance à laquelle ils doivent être amenés pour produire une force attractive constante.

La mesure des potentiels a été perfectionnée dans ces derniers temps par sir William Thomson qui a imaginé plusieurs électromètres remarquables par leur sensibilité et leur précision, et notamment l'électromètre à quadrant et l'électromètre absolu que nous allons décrire.

69. ***Électromètre à quadrant de M. Thomson.*** — Cet électromètre, qui est destiné à mesurer de très-faibles différences de potentiel, repose sur la méthode hétérostatique ; il se compose d'une boîte plate et circulaire en cuivre, divisée en quatre secteurs parfaitement égaux suivant deux diamètres perpendiculaires. Ces quatre secteurs ou quadrants M, N, P, Q (*fig.* 13), sont rapprochés de façon à ne laisser entre eux qu'un très-petit intervalle ; ils sont reliés deux à deux, et en croix, M avec P, N avec Q ; les fils de communication aboutissent à deux fils *a* et *b*.

Fig. 13.



La partie mobile est une feuille d'aluminium *e*, dé-

coupée en forme de 8, qui est suspendue au centre de la boîte par un fil de platine H. Dans la position d'équilibre la ligne médiane de l'aiguille est parallèle à l'un des diamètres de séparation des secteurs, ce qu'on réalise aisément en tournant convenablement l'axe de suspension du fil.

L'aiguille est mise en communication par l'intermédiaire du fil de suspension avec une source électrique spéciale qui lui communique un potentiel constant.

Les quatre secteurs étant parfaitement symétriques exercent sur l'aiguille des actions dont la résultante est nulle s'ils ont tous les quatre une charge égale, c'est-à-dire s'ils ont le même potentiel ou un potentiel nul; mais si leur charge est inégale, l'aiguille dévie de sa position d'équilibre.

Pour mesurer la différence des potentiels de deux sources, qui sont par exemple les deux pôles d'une pile ou un corps électrisé à la terre, on met l'une d'elles en communication avec les deux secteurs P et M par le fil *a*, et l'autre avec les deux secteurs N et Q par le fil *b*. L'aiguille est soumise à un couple et tourne jusqu'à ce que la torsion du fil fasse équilibre à l'action des secteurs.

Le fil de suspension est assez rigide pour que la déviation soit extrêmement faible, de sorte que la position des divers points de l'aiguille d'aluminium reste à peu près la même par rapport aux secteurs, dont la capacité électrostatique n'est pas sensiblement modifiée.

Soit C le potentiel de l'aiguille, A celui des secteurs M et P, et B celui des deux autres N et Q (*fig.* 14). La partie *m* de l'aiguille qui est entourée par le quadrant M forme l'armature intérieure d'un condensateur dont le quadrant lui-même est l'armature extérieure; sa charge est proportionnelle à la différence A — C des potentiels

(n° 52), et sur le quadrant lui-même il se développe une quantité d'électricité égale et de signe contraire. La composante horizontale de la force avec laquelle *m* est attiré vers M peut donc être représentée par $K(A-C)^2$, K étant un coefficient constant.

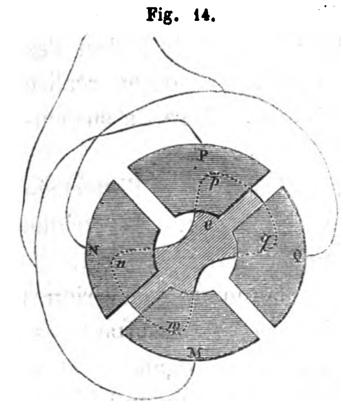


Fig. 14.

La même branche de l'aiguille est soumise dans la direction opposée à une force égale à $K(B-C)^2$, due à l'action du quadrant N sur la partie *n* de l'aiguille, la constante K étant la même en raison du faible déplacement de l'aiguille et de l'égalité de forme des secteurs. La différence entre ces deux forces, $K(A-B)(2C-A-B)$, représente la force qui agit sur la branche *mn*. L'autre branche donne lieu à une action égale.

Le couple de rotation produit par la différence des potentiels des secteurs est donc proportionnel à $(A-B)\left[C-\frac{1}{2}(A+B)\right]$. Ce couple, auquel fait équilibre le moment de torsion du fil, est pour de faibles déviations proportionnel à l'angle que forme l'aiguille d'aluminium avec sa direction normale.

Si les potentiels A et B sont égaux et de signes contraires, ainsi qu'il arrive quand les secteurs sont en communication avec les deux pôles d'une pile isolée, ou si le potentiel C est suffisamment grand par rapport aux potentiels A et B, le terme $\frac{1}{2}(A+B)$ est nul ou négligeable, la déviation de l'aiguille est alors proportionnelle

à (A — B)C. Pour une valeur constante de C, la différence des potentiels A et B est alors proportionnelle à l'angle de déviation. En augmentant C on peut à volonté accroître la sensibilité de l'appareil.

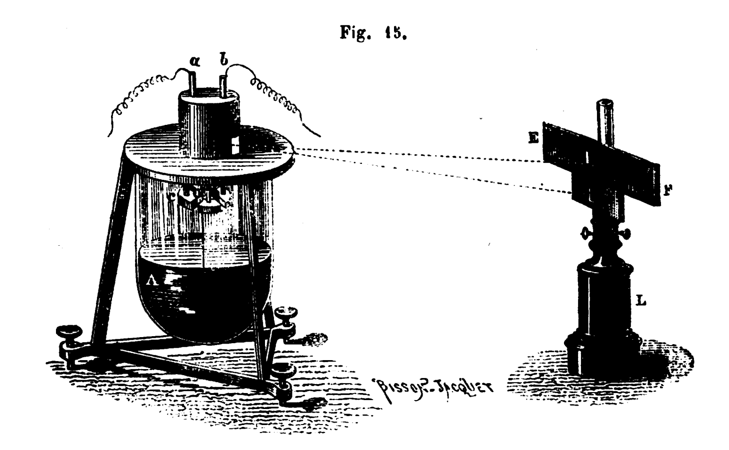
La source électrique qui communique un potentiel constant à l'aiguille est un condensateur dont l'armature intérieure est reliée au fil de suspension de l'aiguille. Pour les expériences de précision qui doivent avoir une certaine durée, l'appareil doit être complété par un électromètre auxiliaire de la classe des électromètres idiostatiques qui permette de s'assurer de la constance du potentiel du condensateur et d'une petite machine électrique, ou *rechargeur*, au moyen de laquelle on recharge le condensateur à mesure que son potentiel diminue.

L'électromètre auxiliaire adopté par M. Thomson, qui porte le nom de *jauge électrique*, est formé de deux disques dont la distance doit rester constante; il peut même être disposé de façon que le mouvement des disques produit par la variation de leurs potentiels détermine la fermeture du circuit d'une pile et mette automatiquement en mouvement le rechargeur.

On peut du reste admettre que dans un endroit bien sec un condensateur ne perd pas plus de 1/4 à 1/2 par 100 de sa charge par jour.

La *fig.* 15 donne une idée de la forme générale de l'électromètre de M. Thomson. Les quadrants et l'aiguille *c* sont renfermés dans une cloche de verre renversée A. Cette cloche, revêtue extérieurement d'une feuille d'étain, sert de condensateur; elle est remplie à moitié d'acide sulfurique destiné à dessécher l'air et qui forme l'armature intérieure. Deux tiges parfaitement isolées communiquent avec les deux paires de quadrants; elles sont terminées par deux bornes *a* et *b*, ou élec-

Fig. 15.



trodes, auxquelles s'attachent les fils d'essai en relation avec les sources. Le fil de suspension plonge par sa partie inférieure dans l'acide sulfurique.

Les déviations de l'aiguille étant très-faibles, on les amplifie au moyen d'un petit miroir collé sur le fil métallique qui réfléchit sur une échelle divisée EF placée à une certaine distance, l'image d'un point lumineux fourni par une lampe L.

Cet appareil est d'une telle sensibilité qu'il permet d'apprécier les plus légères différences du potentiel, telles que celles qui peuvent exister aux deux pôles d'un couple voltaïque, aux divers points d'un circuit parcouru par un courant*. On comprend combien il est précieux pour les recherches théoriques et pratiques.

Quelquefois on simplifie l'appareil en supprimant la partie supérieure de la boîte à quadrants : il se compose simplement alors d'une aiguille mobile au-dessus de

* M. Thomson admet qu'on peut observer avec cet instrument des différences de potentiel correspondant à 1/400 de celle qui est produite par un élément Daniell.

quatre secteurs plans, et est naturellement moins sensible.

70. *Électromètre absolu.* — L'électromètre absolu de M. Thomson n'est autre que l'électromètre à disque de Harris modifié par l'addition d'un anneau de garde.

Si deux plaques parallèles, situées à une très-petite distance l'une de l'autre, ont des potentiels différents, les deux surfaces voisines se chargent de quantités d'électricité égales et de signes contraires et sont attirées l'une par l'autre. La densité électrique sur chacune des surfaces est

$$\delta = \frac{V - V'}{4\pi d},$$

V et V' étant les potentiels des deux plaques et d la distance des deux surfaces (n° 59), ou

$$\delta = \frac{V}{4\pi d},$$

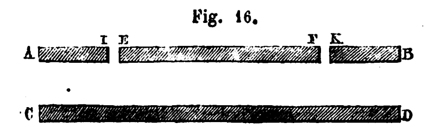
Si l'une des plaques communique avec la terre.

La densité n'est pas la même dans toute l'étendue des surfaces ; elle augmente sur les bords ou elle varie avec la distance d suivant une loi très-complexe.

M. Thomson a eu l'idée de n'envisager que l'action de l'une des plaques sur la partie centrale de l'autre, pour laquelle on peut considérer la densité comme uniforme.

Dans l'une des plaques, dont AB (*fig.* 16) représente

Fig. 16.

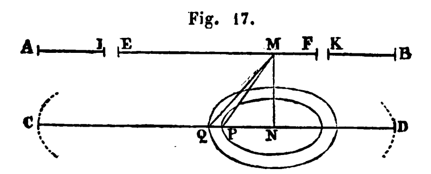


un diamètre, est découpé à cet effet un petit disque circulaire EF qui est seul mobile, tout en restant par son

point de suspension en communication avec la partie annulaire de la plaque qui l'entoure. Cet anneau AIKB constitue ce qu'on nomme l'anneau de garde; son effet est de prolonger le disque attiré de façon à maintenir la densité électrique uniforme à sa surface.

On a donc à calculer l'attraction exercée sur une petite surface plane uniformément électrisée projetée en EF (*fig.* 17) par une grande surface CD, située à une dis-

Fig. 17.



tance connue $MN = d$, dont la densité électrique est également uniforme dans toute la partie assez voisine pour avoir de l'influence, et qu'on peut considérer comme indéfinie.

L'action est la même en tous les points du disque EF : Soit M un élément dont la charge est q. Abaissons le perpendiculaire MN sur le plan CD et traçons du point N comme centre deux circonférences très-voisines de rayons $NP = x$ et $NQ = x + \alpha$, α étant très-petit.

La quantité d'électricité répandue sur l'espace annulaire compris entre ces deux circonférences est $\delta\pi\,[(x+\alpha)^2 - x^2]$, ou, en négligeant $\delta\pi\alpha^2$, $2\delta\pi x\alpha$. La force attractive exercée par cet anneau sur le point M, dans la direction MN, est

$$\frac{q \times 2\delta\pi x\alpha}{MP^2} \times \frac{MN}{MP} \quad \text{ou} \quad \frac{2q\delta\pi d \times x\alpha}{(x^2 + d^2)^{\frac{3}{2}}}.$$

En calculant les forces dues à une série d'anneaux analogues pour toute l'étendue du plan CD et faisant

la somme*, on trouve pour l'attraction totale sur le point M :

$$2q\delta\pi.$$

On remarquera que cette force attractive est indépendante de la distance du point M au plan CD.

Tous les points du disque sont soumis à la même force; si Q est la masse d'électricité répandue sur tout le disque, la force totale f sera

$$f = 2Q\delta\pi.$$

Q a pour valeur le produit de la surface du disque EF par la densité de l'électricité qui est aussi égale à δ; la force attractive f qui agit sur le disque mobile a donc pour expression, en désignant par A la surface de ce dernier, $f = 2A\pi\delta^2$, et comme $\delta = \frac{V}{4\pi d}$,

$$f = \frac{AV^2}{8\pi d^2}.$$

On en tire

$$V = d\sqrt{\frac{8\pi f}{A}}.$$

Ainsi on a la valeur absolue du potentiel V quand on connaît la distance d des deux plans, la surface A du disque et la force qu'il faut appliquer au disque mobile pour le maintenir dans le plan de l'anneau de garde.

* En remplaçant α par dx, l'expression de la force devient

$$\frac{2\,q\delta\pi d \times x dx}{(x^2+d^2)^{\frac{3}{2}}} = q\delta\pi \times \frac{d\frac{x^2}{d^2}}{\left(\frac{x^2}{d^2}+1\right)^{\frac{3}{2}}}$$

dont l'intégrale générale est $-\frac{2q\delta\pi}{\sqrt{\frac{x^2}{d^2}+1}}$; sa valeur de 0 à ∞ est : $2q\delta\pi$.

Si le disque est un cercle de rayon R, $A = \pi R^2$. On peut tenir compte de l'espace annulaire qui sépare le disque de l'anneau de garde en les supposant prolongés l'un et l'autre jusqu'au milieu de cet espace, ce qui revient à prendre pour la surface A la moyenne entre la surface du disque et celle du cercle intérieur de l'anneau de garde en nommant R′ le rayon de ce dernier

$$A = \frac{\pi(R^2 + R'^2)}{2} \quad \text{et} \quad V = 4d\sqrt{\frac{f}{R^2 + R'^2}}.$$

M. Thomson s'est assuré par l'expérience que ces formules peuvent être appliquées et donnent une très-grande approximation quand le diamètre du disque mobile ne dépasse pas les trois quarts et la distance des deux plans le quart ou le cinquième du diamètre total de la plaque*.

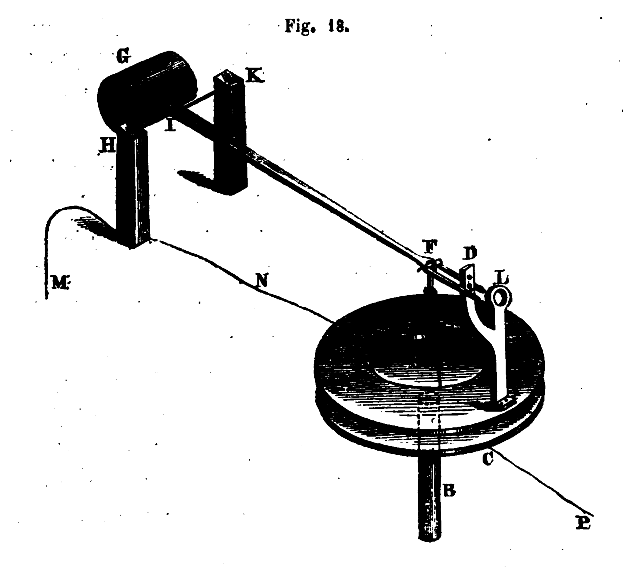
On néglige l'attraction produite par les fluides répandus sur les surfaces extérieures des disques AB et CB (*fig.* 16); outre que leur densité est très-faible, on peut augmenter leur distance au moyen d'enveloppes ou de cages métalliques fixées aux plaques et sur la surface extérieure desquelles se porte le fluide libre.

71. On voit dans la *fig.* 18 les principales dispositions de l'instrument.

E est le disque mobile suspendu par trois fils métalliques au levier GJF mobile en I autour d'un axe horizontal supporté par les montants H et K. Un contrepoids G fait équilibre au disque avec lequel il forme une petite balance. A est l'anneau de garde; le disque circulaire C qui produit l'attraction est fixé sur une tige isolée B mobile dans le sens vertical et qu'on fait

* Voir le *Traité d'électricité et de magnétisme* de M. Maxwell et les pièces annexées aux rapports de la commission anglaise de l'étalon de résistance, etc.

Fig. 18.



mouvoir à l'aide d'une vis micrométrique qui permet d'apprécier les plus petits déplacements.

L'anneau de garde et le disque mobile sont en communication par le fil conducteur N, le montant H, le levier IF et les fils de suspension.

La balance est à sa position d'équilibre lorsque le disque mobile E se trouve exactement dans le plan de l'anneau de garde, ce qu'on reconnaît en comparant l'image d'un objet extérieur vu par réflexion sur le disque avec celle du même objet vu sur la surface de l'anneau. Un petit cheveu tendu entre les deux bras d'une petite fourchette fixée à l'extrémité du levier IF sert d'indicateur ; il oscille en face d'une petite plaque blanche D sur laquelle sont marqués deux points noirs très-voisins et se trouve au repère lorqu'en le regardant à travers une lentille L, on le voit passer exactement entre les deux points noirs.

Pour opérer on place d'abord un petit poids connu P sur le disque mobile et l'on règle le contre-poids de façon que, privée de toute trace d'électricité, la balance soit en équilibre.

On enlève alors le poids et l'on met en communication par le fil M le disque mobile et l'anneau de garde avec la terre, et par le fil P la plaque inférieure avec la source dont on veut mesurer le potentiel. On fait tourner la vis micrométrique de façon à élever ou à abaisser la tige B et la plaque C jusqu'à ce que le cheveu revienne au repère. Le disque E a repris sa position dans le plan de l'anneau de garde et la force attractive est égale à l'action de la pesanteur sur le poids P. Le poids exprimé en grammes représente une force absolue égale à Pg (g étant l'intensité de la pesanteur) ; on a donc, d'après la formule précédente,

$$V = 4d \sqrt{\frac{gP}{R^2 + R'^2}}.$$

Pour avoir la distance d, il suffit de faire mouvoir la vis micrométrique jusqu'à ce que le plateau C vienne au contact de l'anneau de garde. Le pas de vis étant connu, le nombre de tours qu'il faut faire exécuter à la vis micrométrique donne cette distance.

La détermination du point de la vis qui correspond à $d = 0$ présente toujours quelques incertitudes, et de plus le moindre défaut de parallélisme des plaques suffit pour entraîner des erreurs dans la mesure des faibles potentiels.

On y remédie en mesurant des différences de potentiels au moyen d'une électrisation auxiliaire.

On met d'abord la plaque C en communication avec l'armature intérieure d'une petite bouteille de Leyde électrisée, dont l'armature extérieure est en communi-

cation avec la terre ainsi que le disque mobile E. Si d est la distance à laquelle les disques doivent être amenés pour maintenir l'équilibre de la balance, le potentiel V de la bouteille de Leyde est

$$V = 4d \sqrt{\frac{gP}{R^2 + R'^2}}.$$

Pour mesurer le potentiel X d'une faible source électrique, tel que celui d'un couple voltaïque, on intercale ce couple entre l'armature intérieure de la bouteille de Leyde et la plaque C, dont le potentiel devient $V_1 = V + X$, d_1 étant la nouvelle distance à laquelle doivent être amenés les disques

$$V_1 = 4d_1 \sqrt{\frac{yP}{R^2 + R'^2}};$$

on en déduit

$$X = V_1 - V = 4(d_1 - d) \sqrt{\frac{yP}{R^2 + R'^2}}.$$

Le potentiel de la source s'obtient donc en mesurant la différence $d_1 - d$.

72. M. Thomson a donné diverses formes à ses électromètres absolus ; dans les modèles récents, le disque mobile, en aluminium, a environ 45 millimètres de diamètre ; il est séparé par un espace de 0^{mm},75 de l'anneau de garde, dont le diamètre est cinq ou six fois plus grand. Le pas de la vis micrométrique est de 0^{mm},5 et chaque tour est divisé en 100 parties. Chacune des divisions peut donner la mesure du potentiel d'un élément Daniell ; la vis ayant 60 tours, l'instrument permet de mesurer des potentiels variables de 1 à 600 éléments Daniell.

L'électromètre, dit à longue portée, a de plus grandes dimensions, bien que l'étendue du disque mobile soit

moindre. Le pas de vis est le même, mais le nombre de tours est de 200 ; chacune des divisions, ou centième de tour, correspond à 4 ou 5 éléments Daniell, ce qui permet d'évaluer des potentiels de 80 à 100.000 éléments Daniell, c'est-à-dire de même ordre que celui que peuvent développer les fortes machines électriques.

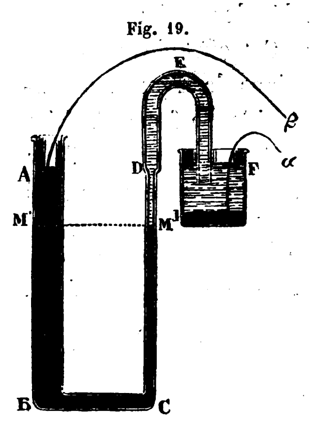
Enfin, M. Thomson a construit des électromètres plus portatifs, dans lesquels le disque suspendu est remplacé par un petit carré d'aluminium fixé à l'extrémité d'un levier également en aluminium; l'ensemble est supporté par un petit fil de platine qui passe par le centre de gravité et est tendu au moyen de deux ressorts. Le levier est terminé, comme dans la *fig.* 19, par une fourchette traversée par un cheveu qui permet de reconnaître le moment où le carré d'aluminium est au repère, c'est-à-dire dans le plan de la plaque de garde qui l'entoure. Le disque attirant est disposé au-dessus, à l'extrémité d'une vis micrométrique. On opère d'ailleurs comme il a été expliqué précédemment, le petit poids étant remplacé par le moment de torsion du fil de platine qui supporte le levier. Il y a pour chaque instrument une constante à déterminer quand on veut obtenir les potentiels en valeur absolue.

73. ***Électromètre capillaire de M. Lippmann.*** — M. Lippmann a imaginé récemment un électromètre dont la sensibilité dépasse celle de l'électromètre à quadrant de M. Thomson, mais qui ne peut être employé que pour la mesure de très-faibles différences de potentiels. Il est fondé sur la variation qu'éprouve la dépression capillaire du mercure sous l'influence d'une force électromotrice *.

* La force électromotrice entre deux points n'est autre que la différence des potentiels de ces deux points.

Considérons (*fig.* 19.) deux tubes verticaux, l'un AB à grand diamètre, l'autre CD capillaire, en communication l'un avec l'autre par un tube horizontal BC.

Fig. 19.



Si l'on remplit ces tubes de mercure, le niveau s'élève moins dans le tube capillaire, et il se forme en M une surface convexe, ou ménisque, due à ce que l'attraction moléculaire du mercure sur les particules situées à la surface l'emporte sur l'attraction des parois verticales du tube de verre. Il en résulte à la surface de M une pression verticale qui est mesurée par le poids d'une colonne de mercure dont la hauteur serait égale à la différence AM' des niveaux, c'est-à-dire à la dépression.

Cette dépression varie avec la section du tube capillaire et est proportionnelle à un coefficient qu'on nomme *constante capillaire*, qui dépend de la nature du liquide et de la matière dont le tube est formé.

Si l'on verse un liquide sur le mercure du tube capillaire, il se produit plusieurs effets ; le poids du liquide abaisse naturellement le niveau du mercure, mais d'un autre côté l'attraction exercée sur le mercure par le liquide modifie la forme du ménisque, diminue sa pression verticale et soulève un peu le mercure qui prend une nouvelle position d'équilibre.

Cette dernière action est augmentée par l'affinité chimique. Si le liquide est de l'eau acidulée, le mercure tend à la décomposer pour s'unir à l'oxygène et à l'acide ;

bien que la décomposition de l'eau n'ait pas lieu, il se produit une polarisation des molécules qui modifie la pression verticale du ménisque. Cet effet de polarisation est annulé lorsque, comme dans la figure, on recourbe le tube qui renferme l'acide de façon à faire plonger l'extrémité dans un vase F contenant de l'eau acidulée en contact avec une couche de mercure qui occupe le fond I; mais si l'on plonge dans le mercure du tube AB et dans celui du vase E deux fils métalliques et si l'on réunit les extrémités α et β de ces fils en intercalant entre elles une faible force électromotrice, cette dernière, bien qu'insuffisante pour décomposer l'eau, polarise les molécules et en augmentant ou diminuant l'attraction à la surface du ménisque M, élève ou abaisse le niveau. Ainsi, lorsque α est en communication avec le pôle négatif d'un élément Daniell et β avec le pôle positif, un courant tend à se produire dans la direction βABMDFα; la polarisation élève le niveau M et par suite diminue la constante capillaire. Si, au contraire, on relie α au pôle positif et β au pôle négatif de l'élément Daniell, l'effet inverse a lieu, la constante capillaire augmente et le niveau M s'abaisse *. La variation de la constante se mesure soit par la variation de la dépression, soit par la force qu'il faudrait appliquer sur la surface A, avec une pompe à air par exemple, pour ramener le niveau au même point **.

La force électromotrice d'un élément Daniell fait varier la dépression capillaire de 0,35 de sa valeur.

* Réciproquement si par une pression exercée à la surface de A on fait varier le niveau M, il se développe une force électromotrice qui persiste pendant la durée du mouvement et qu'on peut mesurer en intercalant un galvanomètre entre α et β.

** Voir le *Journal de physique*, numéro de février 1874.

Ainsi, avec un tube de $0^{mm},32$ de rayon, la dépression, qui est de $0^{m},14$, devient $18^{mm},90$ sous l'influence d'un élément Daniell.

La constante capillaire varie d'une manière continue avec la force électromotrice. M. Lippmann a construit par points la courbe qui représente la relation entre ces deux grandeurs, et en a déduit une table qui donne la variation de la constante capillaire ou de la dépression correspondant à chaque valeur de la force électromotrice *.

On a donc ainsi un véritable électromètre qui permet de comparer deux forces électromotrices, pourvu qu'elles soient assez faibles pour ne pas décomposer l'eau acidulée, c'est-à-dire qu'elles soient de très-peu supérieures à celle d'un élément Daniell.

74. Afin d'obtenir une plus grande sensibilité, M. Lippmann a donné à son électromètre la forme suivante : AB (*fig.* 20) est un tube vertical d'environ 1 mètre de longueur ouvert à ses deux bouts, et terminé par un petit tube capillaire d'un centième de millimètre de diamètre. On verse dans ce tube une colonne de $0^{m},850$ de mercure qui est soutenue par la pression capillaire du ménisque qui se forme en M dans la partie effilée.

Le petit tube plonge par sa partie inférieure dans l'eau acidulée que contient le vase E, le fond de ce vase con-

* Pour calculer cette table, M. Lippmann s'est servi d'un élément Daniell dont le circuit était fermé métalliquement. En mettant deux des points du circuit en communication avec les fils α et β (*fig.* 19), et faisant varier la résistance entre ces deux points, on modifiait à volonté leur différence de potentiel et l'on mesurait la dépression capillaire correspondante à l'aide d'un cathétomètre.

La courbe est irrégulière ; la constante capillaire augmente avec la force électromotrice de polarisation jusqu'à une certaine limite, puis diminue.

Pour opérer on place d'abord un petit poids connu P sur le disque mobile et l'on règle le contre-poids de façon que, privée de toute trace d'électricité, la balance soit en équilibre.

On enlève alors le poids et l'on met en communication par le fil M le disque mobile et l'anneau de garde avec la terre, et par le fil P la plaque inférieure avec la source dont on veut mesurer le potentiel. On fait tourner la vis micrométrique de façon à élever ou à abaisser la tige B et la plaque C jusqu'à ce que le cheveu revienne au repère. Le disque E a repris sa position dans le plan de l'anneau de garde et la force attractive est égale à l'action de la pesanteur sur le poids P. Le poids exprimé en grammes représente une force absolue égale à Pg (g étant l'intensité de la pesanteur) ; on a donc, d'après la formule précédente,

$$V = 4d \sqrt{\frac{gP}{R^2 + R'^2}}.$$

Pour avoir la distance d, il suffit de faire mouvoir la vis micrométrique jusqu'à ce que le plateau C vienne au contact de l'anneau de garde. Le pas de vis étant connu, le nombre de tours qu'il faut faire exécuter à la vis micrométrique donne cette distance.

La détermination du point de la vis qui correspond à $d = 0$ présente toujours quelques incertitudes, et de plus le moindre défaut de parallélisme des plaques suffit pour entraîner des erreurs dans la mesure des faibles potentiels.

On y remédie en mesurant des différences de potentiels au moyen d'une électrisation auxiliaire.

On met d'abord la plaque C en communication avec l'armature intérieure d'une petite bouteille de Leyde électrisée, dont l'armature extérieure est en communi-

cation avec la terre ainsi que le disque mobile E. Si d est la distance à laquelle les disques doivent être amenés pour maintenir l'équilibre de la balance, le potentiel V de la bouteille de Leyde est

$$V = 4d\sqrt{\frac{gP}{R^2 + R'^2}}.$$

Pour mesurer le potentiel X d'une faible source électrique, tel que celui d'un couple voltaïque, on intercale ce couple entre l'armature intérieure de la bouteille de Leyde et la plaque C, dont le potentiel devient $V_1 = V + X$, d_1 étant la nouvelle distance à laquelle doivent être amenés les disques

$$V_1 = 4d_1\sqrt{\frac{gP}{R^2 + R'^2}};$$

on en déduit

$$X = V_1 - V = 4(d_1 - d)\sqrt{\frac{gP}{R^2 + R'^2}}.$$

Le potentiel de la source s'obtient donc en mesurant la différence $d_1 - d$.

72. M. Thomson a donné diverses formes à ses électromètres absolus ; dans les modèles récents, le disque mobile, en aluminium, a environ 45 millimètres de diamètre ; il est séparé par un espace de 0mm,75 de l'anneau de garde, dont le diamètre est cinq ou six fois plus grand. Le pas de la vis micrométrique est de 0mm,5 et chaque tour est divisé en 100 parties. Chacune des divisions peut donner la mesure du potentiel d'un élément Daniell ; la vis ayant 60 tours, l'instrument permet de mesurer des potentiels variables de 1 à 600 éléments Daniell.

L'électromètre, dit à longue portée, a de plus grandes dimensions, bien que l'étendue du disque mobile soit

moindre. Le pas de vis est le même, mais le nombre de tours est de 200 ; chacune des divisions, ou centième de tour, correspond à 4 ou 5 éléments Daniell, ce qui permet d'évaluer des potentiels de 80 à 100.000 éléments Daniell, c'est-à-dire de même ordre que celui que peuvent développer les fortes machines électriques.

Enfin, M. Thomson a construit des électromètres plus portatifs, dans lesquels le disque suspendu est remplacé par un petit carré d'aluminium fixé à l'extrémité d'un levier également en aluminium; l'ensemble est supporté par un petit fil de platine qui passe par le centre de gravité et est tendu au moyen de deux ressorts. Le levier est terminé, comme dans la *fig.* 19, par une fourchette traversée par un cheveu qui permet de reconnaître le moment où le carré d'aluminium est au repère, c'est-à-dire dans le plan de la plaque de garde qui l'entoure. Le disque attirant est disposé au-dessus, à l'extrémité d'une vis micrométrique. On opère d'ailleurs comme il a été expliqué précédemment, le petit poids étant remplacé par le moment de torsion du fil de platine qui supporte le levier. Il y a pour chaque instrument une constante à déterminer quand on veut obtenir les potentiels en valeur absolue.

73. *Électromètre capillaire de M. Lippmann.* — M. Lippmann a imaginé récemment un électromètre dont la sensibilité dépasse celle de l'électromètre à quadrant de M. Thomson, mais qui ne peut être employé que pour la mesure de très-faibles différences de potentiels. Il est fondé sur la variation qu'éprouve la dépression capillaire du mercure sous l'influence d'une force électromotrice *.

* La force électromotrice entre deux points n'est autre que la différence des potentiels de ces deux points.

Considérons (*fig.* 19.) deux tubes verticaux, l'un AB à grand diamètre, l'autre CD capillaire, en communication l'un avec l'autre par un tube horizontal BC.

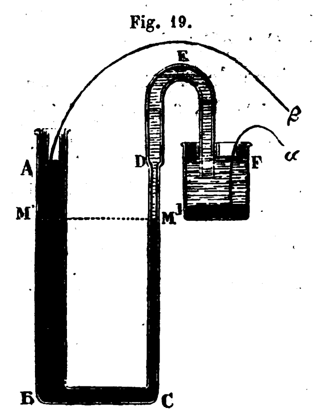


Fig. 19.

Si l'on remplit ces tubes de mercure, le niveau s'élève moins dans le tube capillaire, et il se forme en M une surface convexe, ou ménisque, due à ce que l'attraction moléculaire du mercure sur les particules situées à la surface l'emporte sur l'attraction des parois verticales du tube de verre. Il en résulte à la surface de M une pression verticale qui est mesurée par le poids d'une colonne de mercure dont la hauteur serait égale à la différence AM′ des niveaux, c'est-à-dire à la dépression.

Cette dépression varie avec la section du tube capillaire et est proportionnelle à un coefficient qu'on nomme *constante capillaire*, qui dépend de la nature du liquide et de la matière dont le tube est formé.

Si l'on verse un liquide sur le mercure du tube capillaire, il se produit plusieurs effets ; le poids du liquide abaisse naturellement le niveau du mercure, mais d'un autre côté l'attraction exercée sur le mercure par le liquide modifie la forme du ménisque, diminue sa pression verticale et soulève un peu le mercure qui prend une nouvelle position d'équilibre.

Cette dernière action est augmentée par l'affinité chimique. Si le liquide est de l'eau acidulée, le mercure tend à la décomposer pour s'unir à l'oxygène et à l'acide ;

bien que la décomposition de l'eau n'ait pas lieu, il se produit une polarisation des molécules qui modifie la pression verticale du ménisque. Cet effet de polarisation est annulé lorsque, comme dans la figure, on recourbe le tube qui renferme l'acide de façon à faire plonger l'extrémité dans un vase F contenant de l'eau acidulée en contact avec une couche de mercure qui occupe le fond I; mais si l'on plonge dans le mercure du tube AB et dans celui du vase E deux fils métalliques et si l'on réunit les extrémités α et β de ces fils en intercalant entre elles une faible force électromotrice, cette dernière, bien qu'insuffisante pour décomposer l'eau, polarise les molécules et en augmentant ou diminuant l'attraction à la surface du ménisque M, élève ou abaisse le niveau. Ainsi, lorsque α est en communication avec le pôle négatif d'un élément Daniell et β avec le pôle positif, un courant tend à se produire dans la direction βABMDFα; la polarisation élève le niveau M et par suite diminue la constante capillaire. Si, au contraire, on relie α au pôle positif et β au pôle négatif de l'élément Daniell, l'effet inverse a lieu, la constante capillaire augmente et le niveau M s'abaisse *. La variation de la constante se mesure soit par la variation de la dépression, soit par la force qu'il faudrait appliquer sur la surface A, avec une pompe à air par exemple, pour ramener le niveau au même point **.

La force électromotrice d'un élément Daniell fait varier la dépression capillaire de 0,35 de sa valeur.

* Réciproquement si par une pression exercée à la surface de A on fait varier le niveau M, il se développe une force électromotrice qui persiste pendant la durée du mouvement et qu'on peut mesurer en intercalant un galvanomètre entre α et β.

** Voir le *Journal de physique*, numéro de février 1874.

Ainsi, avec un tube de $0^{mm},32$ de rayon, la dépression, qui est de $0^{m},14$, devient $18^{mm},90$ sous l'influence d'un élément Daniell.

La constante capillaire varie d'une manière continue avec la force électromotrice. M. Lippmann a construit par points la courbe qui représente la relation entre ces deux grandeurs, et en a déduit une table qui donne la variation de la constante capillaire ou de la dépression correspondant à chaque valeur de la force électromotrice *.

On a donc ainsi un véritable électromètre qui permet de comparer deux forces électromotrices, pourvu qu'elles soient assez faibles pour ne pas décomposer l'eau acidulée, c'est-à-dire qu'elles soient de très-peu supérieures à celle d'un élément Daniell.

74. Afin d'obtenir une plus grande sensibilité, M. Lippmann a donné à son électromètre la forme suivante : AB (*fig.* 20) est un tube vertical d'environ 1 mètre de longueur ouvert à ses deux bouts, et terminé par un petit tube capillaire d'un centième de millimètre de diamètre. On verse dans ce tube une colonne de $0^{m},850$ de mercure qui est soutenue par la pression capillaire du ménisque qui se forme en M dans la partie effilée.

Le petit tube plonge par sa partie inférieure dans l'eau acidulée que contient le vase E, le fond de ce vase con-

* Pour calculer cette table, M. Lippmann s'est servi d'un élément Daniell dont le circuit était fermé métalliquement. En mettant deux des points du circuit en communication avec les fils α et β (*fig.* 19), et faisant varier la résistance entre ces deux points, on modifiait à volonté leur différence de potentiel et l'on mesurait la dépression capillaire correspondante à l'aide d'un cathétomètre.

La courbe est irrégulière; la constante capillaire augmente avec la force électromotrice de polarisation jusqu'à une certaine limite, puis diminue.

tenant du mercure; les deux fils α et β en communication avec le mercure du tube AB et du vase E servent d'électrodes.

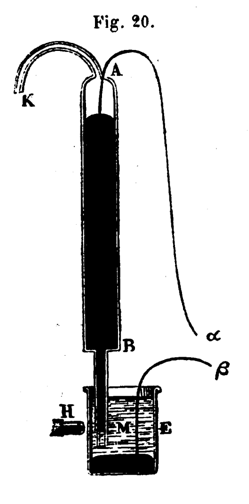


Fig. 20.

Un petit tuyau K arrive au sommet du tube AB et est en relation avec une petite pompe et un manomètre, qui permet de mesurer la pression; enfin en H est un microscope au moyen duquel on observe le niveau. On commence par comprimer un peu l'air dans le tube, à l'aide de la pompe, de façon que le sommet du ménisque coïncide avec un réticule tendu dans le microscope.

Pour mesurer une force électromotrice, on met le fil α en communication avec le pôle positif et le fil β avec le pôle négatif; le ménisque se soulève et l'on comprime de nouveau l'air de façon à ramener le niveau au point fixe. Le manomètre fait connaître la pression compensatrice, et l'on en déduit, en consultant la table de M. Lippmann, la force électromotrice.

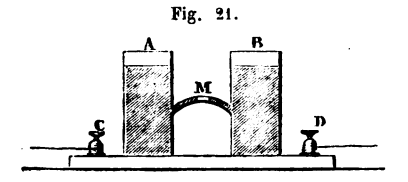
Pour de très-petites forces électriques on laisse la pression constante : on se borne à mesurer à l'aide d'un micromètre oculaire le déplacement du ménisque. On peut ainsi mesurer des millièmes et même des dix-millièmes de la force électromotrice d'un élément Daniell.

M. Siemens a donné à l'électromètre de M. Lippmann une forme simple et pratique, qui le rend facilement transportable et permet de l'employer sur les navires pour faire des expériences sur les câbles sous-marins.

Deux petits vases fermés A et B, remplis en partie de

mercure, sont en communication par un tube capillaire

Fig. 21.



dans lequel on a introduit un petit index M d'acide sulfurique. Deux bornes C et D sont en communication, l'une avec le mercure du vase A, l'autre avec le mercure du vase B. Si l'on fait communiquer ces deux bornes avec les deux pôles d'une faible source électromotrice, ou l'une avec la terre et l'autre avec la source, l'index se déplace dans un sens ou dans l'autre suivant la direction du courant qui tend à se produire.

Condensateurs-étalons.

75. Pour mesurer les capacités électrostatiques on a besoin de condensateurs-étalons, c'est-à-dire de condensateurs dont la capacité soit exactement connue en fonction de l'unité.

Les sphères métalliques et les condensateurs à surfaces sphériques concentriques remplissent cette condition et sont même les seuls condensateurs rigoureusement absolus ; mais leur emploi dans la pratique présente quelques difficultés parce que d'une part les sphères isolées n'offrent qu'une très-faible capacité et que de l'autre il est difficile de réaliser des surfaces exactement sphériques et concentriques.

Deux plaques à surface plane situées à une très-petite distance l'une de l'autre forment un condensateur dont la capacité est connue approximativement en fonction de

l'étendue et de la distance des surfaces. Il offre sur les condensateurs sphériques l'avantage qu'en modifiant l'écartement on peut à volonté obtenir une variation continue de la capacité; de plus on peut obtenir et vérifier facilement des surfaces planes et avoir leur distance avec une très-grande précision à l'aide d'une vis micrométrique.

En nommant A l'étendue de la plaque électrisée, l'autre plaque étant en communication avec la terre et d la distance des deux surfaces, on a (nº 59) pour la capacité S

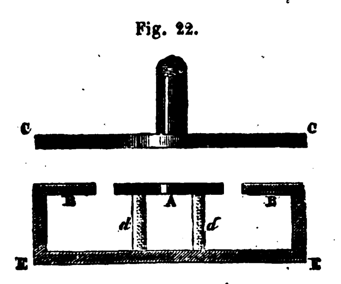
$$S = \frac{A}{4\pi d} * .$$

Toutefois cette formule n'est pas rigoureusement exacte parce que la densité augmente un peu sur les bords et que l'on néglige la charge répandue sur la surface extérieure du disque électrisé.

On obtient une approximation plus grande en adaptant au condensateur plan la disposition de l'anneau de garde imaginée par M. Thomson et déjà décrite au nº 70.

BABEE (*fig.* 22), est une boîte cylindrique en métal dont la face supérieure BAB est parfaitement plane

Fig. 22.



* Un condensateur circulaire qui aurait 40 centimètres de diamètre et dont les surfaces seraient distantes de 2 millimètres aurait une capacité égale à 5 unités électrostatiques absolues, c'est-à-dire à celle d'une sphère isolée de 5 mètres de rayon.

et comprend deux parties, un disque A supporté par deux tiges isolantes *dd* et un anneau de garde BB qui l'entoure et n'en est séparé que par un très-petit intervalle juste suffisant pour empêcher la production d'étincelles entre A et B. CC est un disque métallique (*fig.* 22) dont la surface, également plane, est parallèle à AB. La distance des deux surfaces est réglée par une vis micro métrique.

On met la plaque C en communication avec la terre et le disque A, ainsi que la boîte BE avec une source électrique de potentiel connu V. L'électricité se distribue entièrement sur la surface extérieure de la boîte et du disque; sur ce dernier la densité est uniforme et la charge Q est $Q = \frac{VA}{4\pi d}$, ou en prenant pour A, comme nous l'avons déjà fait au n° 70, la moyenne entre la surface du disque et celle du cercle intérieur de l'anneau de garde, dont R et R′ sont les rayons, $Q = \frac{V(R^2 + R'^2)}{8d}$.

On met alors la boîte BE en communication avec la terre; la distribution électrique change sur le disque A, ainsi que son potentiel, mais la charge Q reste la même, et si l'on mesure avec un électromètre le nouveau potentiel V′, le rapport $\frac{Q}{V'}$ ou $\frac{V}{V'}\frac{(R^2 + R'^2)}{8d}$ donnera avec une très-grande exactitude la capacité du condensateur dont l'une des armatures est formée par le disque A, et l'autre par la plaque C et la boîte BE.

76. Dans la pratique on emploie pour étalons des condensateurs formés de feuilles d'étain superposées et séparées les unes des autres par des lames de mica, de caoutchouc ou de papier enduit de paraffine de façon à offrir une grande capacité sous un petit volume. Les

lames de rang pair sont reliées entre elles ainsi que les lames de rang impair et constituent les deux armatures.

La capacité d'un condensateur à diélectrique solide variant avec la durée de la charge, on adopte ordinairement pour l'évaluation de la capacité celle qui correspond à une durée d'une minute.

Un système complet d'étalons doit comprendre un certain nombre de condensateurs gradués de façon qu'en les réunissant convenablement on puisse avoir une capacité quelconque à une approximation déterminée par celle du plus petit des condensateurs. La combinaison la plus simple est celle d'une série de capacités croissantes suivant une progression géométrique 1, 2, 4, 8, 16, 32, etc. *.

On peut même avoir une échelle continue de capacité en ajoutant à l'ensemble des condensateurs un système à capacité variable, formé, par exemple, de deux cylindres, concentriques l'un fixe et l'autre mobile dans le sens de son axe, de façon à recouvrir l'autre en tout ou en partie; la capacité de cet appareil est proportionnelle à la longueur commune aux deux cylindres **.

On établit ces condensateurs en les comparant à d'autres condensateurs-étalons déjà gradués ou à un condensateur absolu sphérique ou plan. Il suffit d'un seul condensateur étalonné pour obtenir toute la série : ce condensateur permet en effet d'en obtenir un second de même capacité; à l'aide des deux réunis on en forme un troisième dont la capacité est 2; ces trois condensateurs four-

* Les condensateurs-étalons qu'on emploie dans la pratique sont ordinairement gradués en fonction des unités absolues électro-magnétiques.

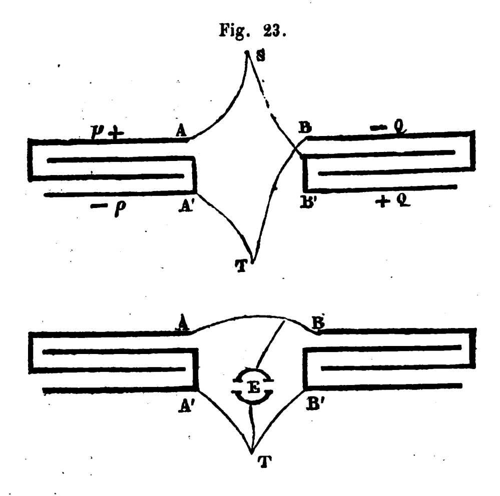
** Cet appareil est analogue aux rhéostats qu'on ajoute aux bobines de résistance quand on veut avoir une grande approximation. M. Gounelle a réalisé cette idée, en 1861, dans le cabinet de physique de l'Administration télégraphique.

nissent ensemble une capacité égale, à h et ainsi de suite.

77. Le problème revient à établir un condensateur dont la capacité soit la même que celle d'un condensateur donné, ce qui peut s'effectuer de la manière suivante :

Soient AA′ et BB′ (*fig.* 23) les deux condensateurs; on

Fig. 23.



fait communiquer les deux armatures A et B′ avec une même source électrique S et les deux autres armatures A′ et B avec la terre T. A et A′ se chargent de quantités égales et contraires d'électricité + P et — P, B et B′ de quantités + Q et — Q; les deux condensateurs auront la même capacité si les charges P et Q sont égales. Pour reconnaître si cette condition est remplie, on enlève les communications avec la source, on met en relation avec la terre les armatures A′ et B′ et l'on relie entre elles et avec un électromètre très-sensible E les armatures A et B. Si la capacité de B est plus petite que celle de A, l'électromètre s'électrisera positivement et négativement dans le cas contraire. Il n'accusera aucune trace d'électricité si les deux capacités sont égales. On arrive

par tâtonnements à rendre la capacité de B égale à celle de A en augmentant ou en diminuant le nombre et l'étendue des feuilles métalliques.

Mesure des diverses grandeurs.

78. *Mesure du potentiel.* — Au moyen d'un électromètre absolu ou d'un électromètre gradué dont la constante a été déterminée, on peut mesurer directement le potentiel d'une source électrique ou celui d'un conducteur électrisé dont la capacité est assez grande pour que sa charge ne change pas sensiblement quand on le fait communiquer avec l'électromètre. Mais si le conducteur n'a qu'une faible capacité, son état électrique est modifié; une partie de son électricité passe dans l'électromètre qui donne la mesure du potentiel après le partage de la charge et non le potentiel primitif.

Du potentiel observé, on peut néanmoins déduire le potentiel primitif quand on connaît la capacité électrostatique S du conducteur et celle de l'électromètre S'.

Soient V le potentiel observé et V_1 celui du conducteur avant l'expérience. L'équation de l'équilibre électrique (nº 63) donne $V_1 S = V(S + S')$, d'ou

$$V_1 = \frac{V(S + S')}{S}.$$

On peut aussi obtenir par tâtonnements le potentiel d'un conducteur électrisé en chargeant l'électromètre jusqu'à ce que son potentiel soit égal à celui du corps essayé, c'est-à-dire jusqu'au moment où ses indications ne changent pas quand on le met en communication avec ce dernier. Cette méthode n'est applicable que lorsque le conducteur, après avoir été déchargé, peut être

indéfiniment replacé dans des conditions identiques, ainsi qu'il arrive dans certaines expériences.

79. *Potentiel en un point de l'air.* — Le potentiel en un point quelconque de l'air peut se mesurer à l'aide d'une sphère métallique de très-petit rayon par rapport à la distance du point aux corps électrisés qui forment le champ électrique ; on place cette sphère de façon que son centre coïncide avec le point donné, puis on la fait communiquer avec la terre par un long fil conducteur ; elle s'électrise par influence et son potentiel devient nul.

A ce moment on doit avoir, en nommant $V = \Sigma \frac{q}{r}$, le potentiel au centre de la sphère, dû aux masses électriques répandues dans l'espace, Q sa charge électrique et a son rayon

$$\sum \frac{q}{r} + \frac{Q}{a} = 0.$$

a et Q étant très-petits, l'introduction de la sphère dans le champ électrique ne modifie pas sensiblement la distribution de l'électricité, de sorte que $\Sigma \frac{q}{r}$ ou V peut être considéré comme représentant le potentiel primitif au point donné.

On isole la sphère et on la porte dans la salle d'expérience où l'on mesure son potentiel $\frac{Q}{a}$, qui est égal et de signe contraire à celui du point où son centre était placé.

C'est ainsi qu'on obtient le potentiel électrique aux divers points de l'atmosphère.

80. *Mesure de la capacité électrostatique.* — On peut employer plusieurs procédés pour la mesure de la capacité électrostatique d'un condensateur.

1° Quand il est possible de déterminer les valeurs ab-

solues d'une charge Q communiquée au condensateur et son potentiel V, on en déduit la capacité $S = \frac{Q}{V}$.

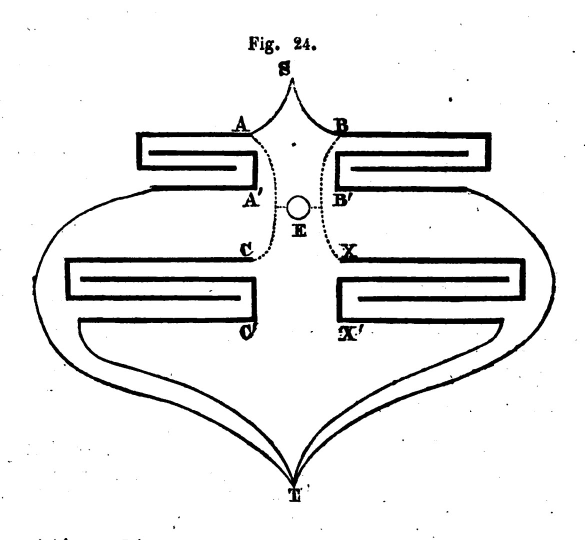
2° Si l'on a à sa disposition une série complète d'étalons gradués, on cherche, en appliquant le procédé indiqué au n° 74, la combinaison qui fournit une capacité égale à celle du condensateur.

3° Lorsqu'on ne dispose que de quelques étalons de capacité, on électrise avec une même source le condensateur et l'un des étalons de capacité S', et l'on compare, quand il est possible, leurs charges Q et Q'.

On a $\frac{Q}{S} = \frac{Q'}{S'}$, d'où l'on déduit $S = \frac{Q}{Q'} S'$.

4° On peut encore faire usage de la méthode suivante, analogue à celle qui est employée pour la mesure des résistances et est connue sous le nom de pont Wheatstone; elle suppose qu'on ait (*fig.* 21) deux condensa-

Fig. 24.



teurs AA' et BB' ayant des capacités a et b dont le rapport

est connu et un condensateur CC′ à capacité variable c. Soit XX′ le condensateur dont on veut mesurer la capacité x.

On commence par charger les deux condensateurs AA′ et BB′ en mettant en communication avec une même source électrique S les armatures A et B et les autres avec la terre T. On enlève les communications avec la source S et l'on relie entre elles les armatures A et C, B et X. Une partie de la charge des deux premiers condensateurs se répartit sur les deux autres. En nommant V le potentiel de la source, v celui des armatures A et C, v' celui des armatures B et X, on a

$$\begin{aligned} Va &= v(a+c), \\ Vb &= v'(b+x). \end{aligned}$$

Si les deux potentiels v et v' sont égaux, on tire de ces deux équations

$$\frac{x}{c} = \frac{b}{a} \quad \text{ou} \quad x = \frac{ac}{b}.$$

Les potentiels v et v' sont égaux lorsque mettant les armatures B et X en communication avec l'un des électrodes d'un électromètre à quadrant E, les armatures A et C avec l'autre électrode, l'aiguille d'aluminium reste au repos.

L'opération consiste donc à faire varier la capacité c du condensateur variable cc' jusqu'au moment où cette condition est remplie.

Ces diverses méthodes sont applicables à l'étude des condensateurs à grande surface comme les câbles sous-marins.

5° Pour mesurer la capacité S d'un conducteur ou d'un condensateur de faible étendue, on cherche la diminution du potentiel qu'éprouve une charge communiquée

à ce conducteur quand on le met en communication avec un condensateur absolu ou de capacité connue.

Après avoir électrisé le conducteur et déterminé son potentiel V, on le fait communiquer par un long fil métallique avec un condensateur de capacité connue S′ et l'on mesure le nouveau potentiel V′ :

$$VS = V'(S + S'),$$

d'où

$$S = \frac{V'}{V - V'} \times S' \quad \text{ou} \quad S = \frac{1}{\frac{V}{V'} - 1} \times S.$$

Un simple électromètre gradué suffit pour l'expérience, car on a besoin de connaître seulement le rapport des potentiels V et V′ et non leur valeur absolue.

C'est par cette méthode qu'on trouve la capacité d'un électromètre. Après l'avoir chargé et observé son potentiel V, on le fait communiquer avec une sphère isolée dont on connaît le rayon a et l'on note le nouveau potentiel V′.

La capacité de l'électromètre est $\frac{a}{\frac{V}{V'} - 1}$.

81. *Mesure de la quantité.* — La quantité d'électricité répandue à la surface d'un conducteur, ou la charge, se mesure directement au moyen de la balance de torsion de Coulomb lorsque le conducteur est de très-faible dimension ; elle se déduit, en effet, de la force avec laquelle le conducteur attire ou repousse une petite sphère électrisée dont la charge a été déterminée d'avance (n° 67).

L'électricité, en traversant le fil d'un galvanomètre, fait dévier l'aiguille aimantée ; si la durée du passage du fluide est très-courte, l'aiguille reçoit une impulsion et décrit une oscillation dont l'amplitude per-

met de calculer la quantité d'électricité qui a traversé le fil*. On a ainsi une nouvelle méthode pour mesurer la charge électrique d'un conducteur, mais elle n'est applicable qu'à des charges considérables telles que celles qui sont répandues sur des condensateurs à grande surface. On peut notamment l'employer avec les câbles sous-marins. Le fil conducteur étant isolé à l'une de ses extrémités, on met l'autre pendant un instant en communication avec une source électrique par l'intermédiaire d'un galvanomètre et l'on observe l'oscillation de l'aiguille ; ou encore, après avoir chargé le fil conducteur, on le met en communication avec la terre pour le décharger par l'intermédiaire du fil du galvanomètre.

Dans la plupart des cas on ne peut faire usage d'aucune de ces deux méthodes, et la charge d'un conducteur doit se déduire de la capacité électrostatique et de son potentiel qu'on mesure par les procédés décrits précédemment.

DENSITÉ ET PRESSION ÉLECTRIQUES.

82. *Densité.* — On peut considérer l'électricité libre à la surface des corps conducteurs comme formant une petite couche dont l'épaisseur est plus petite que toute quantité appréciable, et dont la densité nous est inconnue. Le produit de ces deux grandeurs qui est seul mesurable constitue ce qu'on nomme la densité ou l'épaisseur de la couche électrique, et est égal au rapport de la masse électrique Q qui se trouve sur un petit élément à l'étendue ω de cet élément : $\delta = \frac{Q}{\omega}$.

On représente géométriquement la distribution de

* Nous reviendrons sur cette méthode de mesurer la charge d'un conducteur.



l'électricité en élevant aux divers points d'une surface électrisée des normales d'une longueur proportionnelle à δ, et dont l'ensemble forme un petit volume qui entoure le corps électrisé.

La densité de l'électricité aux divers points d'un conducteur peut se calculer directement dans quelques cas particuliers, et notamment lorsque, par suite de la forme régulière du corps électrisé, la distribution doit être uniforme. Elle se déduit alors de la charge et de la surface totale.

Ainsi, pour une sphère électrisée à l'abri de toute influence étrangère, dont la charge est Q et r le rayon, la densité est $\delta = \frac{Q}{4\pi r^2}$; si V est le potentiel de la charge, $Q = Vr$ et $\delta = \frac{V}{4\pi r}$.

Pour deux sphères concentriques de rayon R et r, la densité à la surface de la sphère intérieure est $\delta = \frac{VR}{4\pi r(R-r)}$, et à la surface de la sphère extérieure $\delta = \frac{Vr}{4\pi R(R-r)}$, V étant la différence du potentiel des deux sphères, ou le potentiel de l'une d'elles si l'autre communique avec la terre (nº 55).

Pour deux surfaces cylindriques concentriques indéfinies, situées à une distance d l'une de l'autre très-petite par rapport aux rayons, la densité est la même sur les deux surfaces et a pour valeur (nº 57) : $\delta = \frac{V}{4\pi d}$.

Enfin, pour deux plans parallèles indéfinis dont la distance est d, la densité est aussi : $\delta = \frac{V}{4\pi d}$ *.

* Cette expression pour des plans parallèles a été trouvée en assimilant les deux plans parallèles à deux surfaces cylindriques très-voisines

Lorsque le conducteur est de forme irrégulière, on obtient la densité en un point quelconque au moyen du plan d'épreuve de Coulomb. Un petit disque de clinquant appliqué sur la surface du corps se confond avec elle et prend sur sa surface extérieure toute la charge de la partie qu'il recouvre; quand on l'éloigne, il emporte cette charge qui se distribue sur ses deux faces. On mesure au moyen de la balance de torsion la quantité totale d'électricité qu'il contient; le rapport de cette quantité à la surface donne la densité au point touché.

83. *Force résultante à la surface d'un conducteur.* — La force qui agirait en un point donné sur l'unité de quantité d'électricité, ou la résultante des actions exercées en ce point par toutes les masses électriques qui forment un champ est normale à la surface de niveau qui passe par ce point et a pour valeur $\frac{V - V'}{n}$, V et V' étant les potentiels au point considéré et en un point situé sur la normale à la surface de niveau, à une très-petite distance n (n° 42).

Cette résultante est nulle pour tout point de l'intérieur d'un conducteur. Lorsque le point est à l'extérieur, mais à une distance infiniment petite de la surface, elle peut s'exprimer très-simplement en fonction de la densité de la couche électrique.

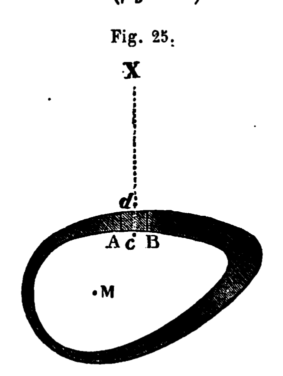
On a vu (n° 70) qu'une couche de densité uniforme δ répandue sur un plan exerce sur une masse q située en dehors de ce plan une force répulsive, normale au plan,

(n° 59). On peut aussi la déduire de la formule relative aux sphères concentriques. Deux plans voisins pouvant être considérés comme deux surfaces sphériques dont les rayons R et r sont infiniment grands. $R - r$ étant égale à d, la formule $\delta = \frac{VR}{4\pi r(R - r)}$ devient $\delta = \frac{V}{4\pi d}$.

et qui a pour valeur $2q\delta\pi$, ou $2\pi\delta$ si la masse q est égale à l'unité de quantité. Cette force est indépendante de la distance du plan au point extérieur; si ce dernier est placé à une distance infiniment petite de la couche électrique, la force est la même et égale à $2\pi\delta$, mais elle est uniquement due à la portion du plan située dans le voisinage du point.

Considérons maintenant un corps conducteur électrisé M (*fig.* 25) faisant partie d'un champ, et un petit élément AB de sa surface. L'action totale exercée en un point quelconque par le champ électrique peut se diviser en deux, celle de l'élément AB, et celle de toutes les autres masses électriques répandues soit sur M, soit sur les conducteurs environnants.

Fig. 25.



Ces deux actions doivent se faire équilibre pour un point c situé à l'intérieur du corps M; elles s'ajoutent au contraire pour un point extérieur d.

Si les deux points c et d sont très-voisins de la surface, l'élément agit sur eux comme un plan recouvert d'une couche de densité uniforme et produit sur l'unité de masse électrique concentrée en d une force, dirigée suivant dX, égale à $2\pi\delta$, et sur l'unité de masse concentrée en c une force égale et de signe contraire égale à $-2\pi\delta$.

Le reste de la surface M et du champ électrique devant développer au point c une force égale et de signe contraire à cette dernière, leur action est égale à $2\pi\delta$; elle

est aussi égale à $2\pi\delta$ au point *d*, dont la distance au point *c* est extrêmement petite.

Ce dernier est donc soumis à une forcee totale Φ, qui a pour valeur $\Phi = 4\pi\delta$.

Ainsi, suivant qu'on considère un point situé à l'intérieur d'un conducteur électrisé ou un point extérieur très-voisin, la force résultante φ est *o* ou $4\pi\delta$. Elle passe très-rapidement de l'une à l'autre valeur pour les points intermédiaires, à mesure que l'on traverse la couche *.

Cette force est d'ailleurs une grandeur de convention qu'on ne peut ni réaliser ni mesurer par l'expérience.

84. *Pression électrique.* — La couche électrique répandue sur un conducteur est soumise en chaque point à une force normale qui tend à l'éloigner de la surface et produit une pression contre l'air ou la matière isolante qui l'entoure.

Pour connaître la force à laquelle est soumise la portion de la couche qui recouvre un petit élément AB (*fig.* 25), on remarque que si elle était remplacée par l'unité de quantité d'électricité, la force résultante due à toutes les autres masses électriques du champ et qui agit dans la direction *c*X serait égale à $2\pi\delta$. La masse qui recouvre l'élément AB, au lieu d'être égale à l'unité de quantité, est $\omega\delta$, ω étant l'étendue de l'élément et δ la densité de la couche ; la force à laquelle elle est soumise est donc $2\pi\delta \times \omega\delta$, ou $2\pi\omega\delta^2$.

Le rapport de cette force à l'étendue ω de la surface, ou la force rapportée à l'unité de surface, est la pression électrique : $\Psi = 2\pi\delta^2$ **.

* L'épaisseur de la couche électrique, bien que plus petite que toute grandeur mesurable, n'est cependant pas infiniment petite dans le sens mathématique du mot.

** Dans plusieurs traités d'électricité, on trouve pour la pression électrique l'expression $4\pi\delta^2$ qui n'est pas exacte.

Lorsque la densité δ est connue en unités absolues, cette expression représente la force *absolue* qui agit sur le corps isolant par unité de surface.

Soit par exemple une sphère isolée électrisée au potentiel V, la densité est $\delta = \frac{V}{4\pi r}$, et la pression $\Psi = \frac{V^2}{8\pi r^2}$.

Si les unités fondamentales adoptées sont le mètre, la seconde est la masse du centimètre cube d'eau, et si V et r sont donnés en fonction de ces unités, la formule fait connaître la pression par mètre carré en fonction de l'unité absolue de force, qu'on peut transformer en grammes en multipliant le résultat par $0^{gr},1019$ (n° 26).

Cette force, en agissant sur l'air environnant, produit à la surface du corps électrisé le même effet qu'une diminution de la pression atmosphérique. Si la sphère était extensible, comme le serait par exemple une bulle de savon, son rayon augmenterait et il s'établirait un nouvel équilibre entre la pression de l'air à l'intérieur, la pression extérieure diminuée de la pression électrique et les forces moléculaires.

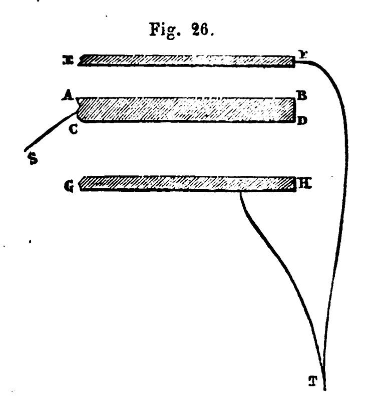
Lorsqu'on augmente le potentiel V, ou que le rayon r de la sphère diminue, il arrive un moment où la pression Ψ est égale à la pression atmosphérique, dont la valeur a ω 10.000 kilogrammes par mètre carré, ou environ 10^8 unités absolues de force. En posant $10^8 = \frac{V^2}{8\pi r^2}$, on trouve à peu près $\frac{V}{r} = 50.000$, équation qui donne le rayon minimum de la sphère sur la surface de laquelle peut être maintenue par l'air atmosphérique une couche électrique au potentiel V ou le potentiel maximum V de la couche qui peut rester sur une sphère de rayon r.

85. Les pressions électriques se font équilibre pour

un corps électrisé qui n'est soumis à aucune influence étrangère; mais si des conducteurs sont placés dans le voisinage, la distribution de l'électricité est modifiée par l'induction et l'équilibre n'existe plus.

Prenons comme exemple un disque plan projeté en ABCD (*fig.* 26), en communication avec une source élec-

Fig. 26.



trique S au potentiel V et placé entre deux disques EF et GH reliés à la terre.

La densité est nulle sur la face extérieure du disque EF; sur l'autre face et sur la surface AB, elle est égale à $\frac{V}{4\pi d}$, d étant la distance des deux surfaces.

Une lame isolante séparant les deux disques serait soumise de chaque côté, en sus de la pression atmosphérique, à une pression Ψ égale à $\Psi = 2\pi\delta^2 = \frac{V^2}{8\pi d^2}$ par unité de surface.

Si l'espace interposé est de l'air, le disque EF est soumis d'un côté à la pression atmosphérique et de l'autre à une pression égale diminuée de la pression électrique, et si son étendue est A, il est attiré vers le disque ABCD

avec une force égale à $\frac{V^2A}{8\pi d^2}$. De même si d' est la distance qui sépare la surface CD du disque CH, ce dernier est attiré par la surface CO avec une force égale à $\frac{V^2A}{8\pi d'^2}$.

Quant au disque ABCD, la force qui agit sur lui est due à la différence de pression sur les deux surfaces, elle est : $\frac{V^2A}{8\pi}\left(\frac{1}{d^2}-\frac{1}{d'^2}\right)$.

Si le disque CH est supprimé, ou situé à une très-grande distance, les deux disques EF et ABCD sont attirés l'un vers l'autre par une force égale à $\frac{V^2A}{8\pi d^2}$. Cette force f peut se mesurer directement et, lorsque A et d sont connus, on en déduit le potentiel V, $V = d\frac{\sqrt{8\pi f}}{A}$.

C'est sur cette formule que reposent les électromètres à disques et notamment l'électromètre absolu de M. Thomson.

86. *Décharge disruptive.* — Lorsque la pression électrique sur deux surfaces voisines dépasse la résistance du milieu qui sépare ces surfaces, les fluides contraires se rejoignent violemment en déplaçant les molécules du diélectrique ; il se forme comme une fissure par laquelle s'écoule à peu près instantanément presque toute la charge des conducteurs ; cette décharge produit une étincelle dont le bruit est dû à la compression de l'air, et l'éclat à des particules solides entraînées par l'électricité et portées à une haute température.

La distance à laquelle éclate l'étincelle entre deux conducteurs dépend de la pression électrique et de la résistance mécanique que le milieu oppose à la décharge * ;

* Cette résistance mécanique à la décharge est complétement différente de la résistance électrique qui donne lieu aux lois d'Ohm.

la pression varie elle-même avec le potentiel ou la charge des conducteurs en présence, avec leur éloignement et leur forme. Pour deux surfaces convexes, c'est aux points les plus rapprochés que la densité, et par suite la pression, a sa plus grande valeur; c'est donc entre ces points que doit éclater l'étincelle, à moins que dans le voisinage il ne se trouve des portions de surface à courbure plus grande, sur lesquelles s'accumule l'électricité.

Lorsque la densité est uniforme, ainsi que cela a lieu pour deux surfaces planes, l'étincelle éclate entre les points pour lesquels une légère aspérité ou une cause accidentelle quelconque entraîne la rupture de l'équilibre.

Quant à la résistance mécanique du milieu gazeux, elle est d'autant moindre que sa pression est plus faible ; elle est également variable avec la nature du gaz, car les molécules matérielles interviennent dans le phénomène de la décharge disruptive dont les lois sont très-complexes.

Nous n'insisterons pas sur ces phénomènes ; nous nous bornerons à faire remarquer que la résistance opposée de la décharge par un milieu gazeux diminue rapidement avec l'épaisseur de ce milieu contrairement à ce qu'on aurait pu croire. Ainsi, d'après les expériences de M. Thomson, l'étincelle éclate dans l'air entre deux disques parallèles à une distance de $0^{mm},00254$ pour une pression électrique de $11^{g},290$ par centimètre carré ; à une distance de $0^{mm},40$ pour une pression de $0^{g},921$, à une distance de $1^{mm},22$ pour une pression de $0^{g},696$ *.

Ce fait explique comment pendant les orages il se produit des étincelles ou éclairs de plusieurs kilomètres de

* Dans ces expériences, la pression était déduite du potentiel déterminé au moyen de l'électromètre absolu, et de la distance des deux disques au moment où se produisait l'étincelle.

longueur, bien qu'à la surface de la terre la pression électrique ne soit pas sensible.

87. *Tension électrique.* — Nous avons évité d'employer le mot *tension* qui n'a pas de signification bien précise. On applique souvent ce nom au potentiel électrique; quelques auteurs s'en servent pour représenter l'action répulsive à laquelle serait soumise à la surface d'un corps l'unité de quantité d'électricité, que nous avons nommée force résultante (n° 83). Enfin d'autres appellent tension la pression électrique rapportée à l'unité de surface. Ces trois grandeurs sont essentiellement différentes.

Imaginons une sphère de rayon $R = 0^m,05$ à la surface de laquelle est répandue une quantité d'électricité égale à 1,50 unités, c'est-à-dire telle que concentrée en un point elle repousserait une quantité égale située à une distance de 1 décimètre avec une force absolue égale à $\left(\frac{1,50}{0,1}\right)^2 = 225$ ou à $22^g,5$. Le potentiel de la charge est $\frac{Q}{R} = \frac{1,50}{0,05} = 30$.

La densité δ ou la charge par mètre carré est $\delta = \frac{Q}{4\pi R^2} = \frac{1,50}{4\pi \times 0,052} = 47$.

La force résultante Φ exercée sur l'unité de quantité à la surface du corps est $\Phi = 4\pi\delta = 600$, c'est-à-dire 600 absolus de force, ou environ 60 grammes.

Enfin la pression exercée contre l'air par mètre carré est $\Psi = 2\pi\delta^2 = 14.330$ ou 1.433 grammes. Par centimètre carré cette pression serait $0^g,1433$. (*A suivre.*)

CONTROLE AUTOMATIQUE

DE L'ÉTAT DE LA LIGNE

PAR M. BERNIER,
Contrôleur du télégraphe au chemin de fer d'Orléans.

Journellement à même de constater l'inconvénient des indications données par la boussole, je crois pouvoir affirmer qu'il est indispensable de recourir à des moyens plus pratiques que ces expériences et d'obtenir des renseignements plus concluants que ceux qu'elles peuvent fournir pour reconnaître si, oui ou non, la communication est possible avec le poste correspondant.

La boussole montre que le courant passe; elle pourrait indiquer la conductibilité du circuit, sa résistance et son isolement, constatations nécessaires dans certains cas, mais sur lesquelles, dans la pratique, en raison du défaut de précision de l'appareil, de l'inexpérience et de l'inattention des agents, il n'y a pas à compter.

En fût-il autrement, les expériences fussent-elles conduites avec l'intelligence, le soin, le temps qu'elles nécessitent, que la situation ne serait pas changée, car il est encore incontestable que la déviation de la boussole peut être normale sans que l'appareil fonctionne; il peut se faire même que l'appareil ayant fonctionné, l'employé réponde sans que celui qui attaque s'aperçoive que son propre poste n'est pas en état de recevoir.

Dans ce dernier cas surtout, la boussole n'est d'aucun

secours; elle ne prévient pas l'opérateur, qui s'irrite ou se désespère, supposant tout en ordre, de ce qu'on ne daigne pas lui répondre; elle ne lui indique pas qu'il y a là, sous ses yeux, sous sa main, une cause d'interruption à laquelle en quelques minutes il pourrait remédier si un seul indice pouvait le mettre sur la voie.

Je pense que l'on remédiera à ces inconvénients en faisant en sorte que le bon fonctionnement de la sonnerie du correspondant puisse être reconnu par le poste qui attaque, et que celui-ci puisse même savoir sûrement quel est le poste avec lequel il se trouve en communication.

La solution du problème est réalisable au moyen de dispositions d'une extrême simplicité qui transforment la sonnerie en un véritable manipulateur automoteur.

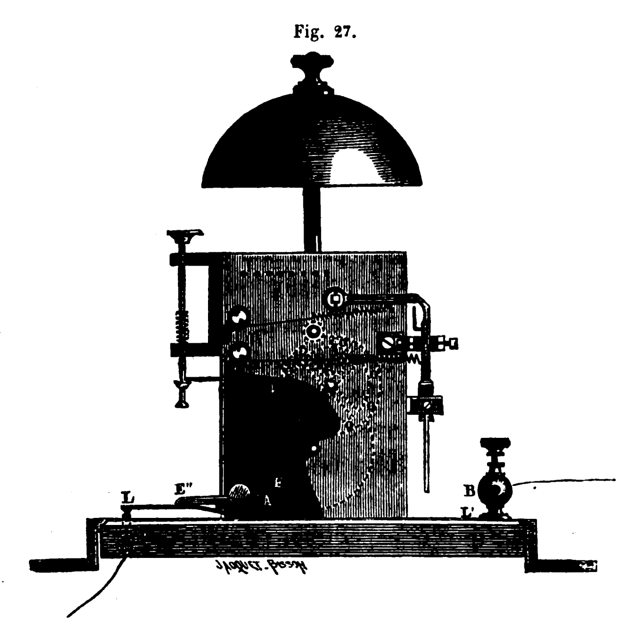
Ainsi disposée, la sonnerie en fonctionnant met un certain nombre de fois le fil de ligne en communication avec la pile; elle doit ainsi déterminer le déplacement de l'aiguille du récepteur du poste qui attaque.

Si, par exemple, en attendant que l'employé puisse venir répondre, les signaux se produisent et chaque fois se répètent régulièrement sur le récepteur du poste qui a attaqué, ils prouvent que l'appareil avertisseur du bureau correspondant fonctionne, et que le poste expéditeur est lui-même en état de recevoir.

Si, au contraire, instantanément, au moment de l'attaque, l'aiguille du récepteur ne se déplace pas, il n'y a pas de doute possible : la sonnerie du poste correspondant ne fonctionne pas, ou si elle fonctionne, le poste même de l'employé qui attaque n'est pas en état de recevoir; évidemment il existe une interruption dont il faut rechercher la cause.

Le dessin ci-joint représente une des dispositions adaptées aux appareils de la Compagnie d'Orléans.

Fig. 27.



E est un levier coudé; il est mobile sur un axe A qui se trouve fixé sur l'une des platines.

L'une des extrémités E' de ce levier se termine par un plan incliné; l'autre extrémité E" repose sur un ressort de contact L dont il est toutefois isolé électriquement par une petite plaque d'ivoire.

Ce ressort L est le prolongement du fil de ligne avec lequel il se trouve en communication en L' par la borne B.

P est une vis de contact; elle est en communication avec la pile du poste.

La roue R, qui se trouve être l'un des mobiles de la sonnerie même, porte un certain nombre de chevilles C.

Ces chevilles ont pour effet, lorsque la sonnerie fonctionne, c'est-à-dire lorsque le rouage est en mouvement, d'écarter en passant le levier qu'elles rencontrent en E'

et déterminant ainsi l'abaissement du ressort L, de mettre le fil de ligne en contact avec la pile.

Pendant que la sonnerie fonctionne, le fil de ligne est donc mis un certain nombre de fois en contact avec la pile. Cet effet étant identiquement celui produit par le manipulateur lorsqu'un employé transmet, il est facile de concevoir que le récepteur du poste correspondant fonctionne et que les signaux qu'il indique soient différents suivant le nombre des chevilles placées sur la roue R de la sonnerie et suivant la position qu'elles y occupent.

Si, par exemple, toutes les chevilles sont laissées sur la roue, chaque fois que la sonnerie fonctionnera elle produira neuf contacts, et conséquemment l'aiguille du récepteur du poste expéditeur de l'attaque avancera jusqu'à la lettre R, qui est la dix-huitième sur le cadran.

Si, au contraire, on ne laisse que cinq chevilles sur la roue, la sonnerie ne produisant plus que cinq contacts, l'aiguille du récepteur ne dépassera pas la dixième lettre, qui est J.

Il est encore possible, pour obtenir un plus grand nombre de signaux différents les uns des autres, de faire varier la position que les chevilles occupent sur la roue; suivant, par exemple, que l'on supprime la seconde, la troisième ou la quatrième cheville, on obtient un repos de l'aiguille du récepteur sur les lettres B, D ou F.

On pourrait ainsi obtenir un très-grand nombre de signaux différents : mais, la même série pouvant se répéter sur plusieurs sections sans qu'il en puisse résulter de confusion, cela n'est même pas nécessaire.

Il serait facile de prouver l'avantage de cette organisation par les résultats obtenus sur la Compagnie d'Orléans qui, dès l'année 1865, en autorisait définitivement l'ap-

plication sur les sections qui se trouvaient être, au point de vue télégraphique, précisément les plus importantes; aujourd'hui que son réseau est à peu près terminé, il serait facile, je le crois du moins, d'y trouver la preuve que cette mesure tendant à compléter la série de précautions déjà précédemment prises dans le but d'assurer son service et dans le détail desquels je ne puis entrer ici, constitue l'organisation télégraphique de cette Compagnie en état de progrès sur d'autres, au point de vue de la rapidité et de la sûreté des transmissions.

CHRONIQUE.

Poteaux en fer.

La note sur l'emploi du fer dans la construction des lignes télégraphiques, insérée dans notre précédent numéro, avait simplement pour objet la description des essais auxquels il est actuellement procédé en France : en ce qui concerne les essais antérieurs, on s'est borné à rappeler ceux qui avaient eu lieu sur une certaine étendue, notamment sur la ligne de Saint-Germain. Pour compléter ces renseignements, nous devons ajouter qu'en octobre 1861, c'est-à-dire antérieurement à l'établissement de cette dernière ligne, M. l'ingénieur Jousselin, inspecteur principal de l'exploitation des chemins de fer P.-L.-M., adressa à l'administration des télégraphes un mémoire très-complet dans lequel il proposait de substituer le fer au bois dans la construction des lignes. Un spécimen du poteau imaginé par M. Jousselin fut même soumis à des expériences de traction. Le résultat de l'essai ne permit pas d'en tirer un parti immédiat, mais nous saisissons avec plaisir l'occasion de signaler les efforts constants que M. Jousselin a apportés aux améliorations intéressant la télégraphie*.

Enregistreurs électriques des votes.

Nous complétons la description des divers systèmes proposés pour l'enregistrement électrique des votes dans les Assemblées** par celle des deux appareils suivants que nous

* Nous avons reçu de M. de la Taille une notice développée sur les poteaux et potelets en fer à T qu'il a employés en 1873 et 1874 dans les départements du Loiret et de Loir-et-Cher. Elle sera insérée dans un de nos plus prochains numéros.

** Voir numéro de janvier-février, page 54.

empruntons au *Bulletin de l'Association scientifique de France.*

Machine électrique à voter de M. J. Morin. — Le but que M. Morin s'est proposé en construisant la machine à voter est de simplifier dans une proportion considérable le travail long et pénible des votes et d'économiser le temps de nos représentants. Pour bien atteindre le but, la machine doit donc donner promptement et sûrement le résultat des votes et éviter les erreurs.

Le modèle présenté est fait pour douze députés. Il se compose d'un cadre portant douze ouvertures circulaires au-dessus desquelles sont écrits les noms des représentants; chacune de ces ouvertures correspond par des fils invisibles à la place du représentant désigné sur le tableau. Au-dessous sont placées deux petites ouvertures fermées par de petits opercules qui disparaissent à la fin de l'opération, de manière à laisser voir le nombre des votes pour et contre le projet mis aux voix. Chacun des députés aurait alors deux boutons blanc et noir correspondant à l'ouverture qui lui est destinée dans le cadre.

Voici maintenant comment on procède à l'opération :

Le député, appuyant sur l'un des boutons, amène devant l'ouverture placée sur le tableau, et sous son nom, un disque de la même couleur que le bouton mis en jeu et qui vient fermer l'ouverture laissée libre. Par suite de la disposition de la machine, un vote exprimé empêche nécessairement l'expression du second : d'où l'impossibilité de voter deux fois.

Lorsque le président s'est assuré que tout le monde a pris part au vote, il appuie sur un bouton spécial placé sur son bureau, et la machine commence instantanément son travail d'addition. Dans cette opération, par une disposition on ne peut plus ingénieuse, les blancs se séparent des noirs et le total ainsi préparé vient occuper les deux places qui lui sont destinées sur le tableau. A ce moment, les opercules s'écartent et laissent voir les chiffres additionnés.

Au moment où le président a mis la machine en fonction, tous les votes sont suspendus, de façon à ne pas déranger le travail de l'addition.

Sur la face postérieure de la machine existe un système

d'aiguilles correspondant à chacune des ouvertures dans des conditions particulières qui permet, aussitôt le vote terminé, de l'imprimer sur une feuille disposée à cet effet.

Un levier latéral permet de rétablir les choses dans leur état primitif et de les disposer instantanément pour une nouvelle opération.

Dans le cas où le vote secret serait jugé nécessaire, on peut, au moyen d'un mécanisme extrêmement simple, faire du même coup disparaître les noms du tableau et intervertir l'ordre des relations entre les pupitres des représentants et les ouvertures qui leur étaient destinées primitivement. Plusieurs combinaisons rendent impossible dans ce cas toute espèce de contrôle des noms.

Comme tout ce qui est électrique, les effets sont instantanés, et en calculant, dit l'auteur, le temps qu'il faudrait à la machine pour dépouiller le vote de 750 députés, on arrive au résultat de 1 minute. Quelle simplification!

La machine complète coûterait 100 francs par député.

MM. Morin-Chardin, 21, place Dauphine, se mettent à la disposition de toutes les personnes que cette question intéresserait pour leur expliquer le mécanisme de la machine.

Machine électrique à voter, de M. le colonel Martin de Brettes. — Je crois devoir rappeler que, depuis plus de vingt-cinq ans, en 1849, j'ai posé et résolu le problème de la machine à voter. J'ai, à cette époque, adressé mon projet à M. le président de l'Assemblée nationale. Il a été autographié, mentionné et reproduit partiellement par plusieurs journaux de l'époque.

Le problème que je m'étais proposé de résoudre était le suivant :

« Trouver le moyen de faire voter, d'indiquer, d'autographier et de contrôler les votes. »

L'appareil, depuis perfectionné et simplifié, au moyen duquel j'ai résolu ce problème, en 1849, comprenait : *un manipulateur, un indicateur, un appareil autographique, un contrôleur mécanique, des piles et circuits électriques.*

Le *manipulateur*, au moyen duquel s'opère le vote, se compose de deux boutons placés dans le pupitre de chaque dé-

puté. L'un est blanc pour *voter pour*, l'autre noir pour *voter contre*. Les pupitres sont tous numérotés et ferment à clef.

Il suffit d'exercer une pression sur le bouton relatif au vote pour l'exprimer. On ferme ainsi un circuit électrique spécial qui aboutit à l'indicateur.

L'*indicateur* se compose de deux tableaux placés l'un à droite du président pour les votes pour et l'autre à gauche pour les votes contre. Chaque tableau contient autant de petites fenêtres qu'il y a députés. Ces fenêtres sont habituellement fermées par de légers écrans, qui se déplacent sous l'influence de courants électriques, et laissent voir les numéros des pupitres qui ont produit ces courants.

Les circuits électriques de chaque tableau vont ensuite respectivement à un appareil d'impression,

L'*appareil autographique* se compose de deux espèces particulières d'appareils d'impression : un pour les votes pour et un pour les votes contre. Chacun d'eux est disposé de manière que les courants électriques, déterminés par la pression des boutons des pupitres, produisent l'impression, sur une feuille de papier divisée comme le tableau indicateur correspondant, d'une marque, des numéros ou des noms des votants.

Les circuits retournent ensuite aux piles.

Piles électriques, circuits.— Il est probable qu'une seule pile électrique d'un petit nombre d'éléments suffirait par l'emploi des courants dérivés dont les circuits auraient la même résistance. Elle serait disposée de manière que tous les couples, zinc et charbon, plongeassent à la fois dans le liquide excitateur, le chromate de potasse, et en sortissent aussi de même.

Contrôleur mécanique. — Ce contrôleur consiste en un appareil qui permet à une boule de la couleur du bouton de se mettre en mouvement et de se rendre dans un *récepteur-compteur* qui reçoit toutes les boules d'une même couleur.

Fonctionnement de l'appareil. — Avant de prononcer l'ouverture du scrutin, le président fait abaisser les stores sur les tableaux indicateurs, mettre la pile en activité et préparer les appareils autographiques.

Chaque député se rend à sa place, agit sur le bouton de la couleur du vote qu'il veut émettre et le vote est terminé.

Quand le président prononce la clôture du scrutin, les courants sont interrompus et de nouveaux votes impossibles.

Les stores sont alors levés, si le vote est public, et les numéros qui apparaissent sur les tableaux indicateurs donnent le nombre des votants pour et contre, et l'on en déduit les noms au moyen d'un livret où ils sont inscrits près de leurs numéros.

Les feuilles imprimées automatiquement donnent aussi le nombre des votants pour et contre, ainsi que leurs noms : c'est un premier contrôle.

Enfin le contrôleur mécanique des boules numérotées donne aussi le nombre des votants pour et contre, ainsi que leurs noms : c'est un second contrôle.

La suppression de l'indicateur, dont l'utilité ne se fait pas sentir, et du contrôleur mécanique qui est superflu quand les votes sont enregistrés automatiquement, réduirait l'appareil à voter à un appareil autographique des votes.

Manipulateurs à clavier.

Manipulateurs automatiques a clavier. — Dans notre livraison de novembre-décembre 1874 (p. 333), nous avons dit quelques mots des manipulateurs automatiques à clavier de MM. Ailhaud et Siemens. On nous communique un rapport constatant les résultats des expériences faites en Belgique sur l'appareil de M. Siemens : nous le reproduisons ci-après *in extenso ;* mais nous croyons devoir le compléter en rappelant que dans les essais faits entre Paris et Bruxelles les 27, 28 et 31 juillet dernier, Bruxelles a transmis avec le manipulateur Siemens et Paris a répondu avec le manipulateur Ailhaud ; Paris a parfaitement reçu les transmissions de l'appareil Siemens, mais le rendement pratique n'a pas été déterminé, l'employé transmetteur de Bruxelles ayant déclaré qu'il n'était pas encore suffisamment exercé. Ce rendement a été déterminé pour l'appareil Ailhaud, transmettant sur Bruxelles

et manipulé par un employé exercé. Voici les résultats obtenus :

27 juillet. — 54 dépêches simples transmises en 1^h 20';
Accusés de réception complets au bout de 1^h 48'.
28 juillet. — 45 dépêches transmises en 54 minutes;
Accusés de réception complets au bout de 1^h 12'.
31 juillet. — 40 dépêches transmises en 50 minutes;
Accusés de réception complets au bout de 1^h 12'.

Les dépêches étaient transmises par séries de cinq et les accusés de réception donnés par le correspondant après chaque série.

Essais faits en Belgique sur le transmetteur automatique à clavier de MM. Siemens.— « La marche qui a été adoptée pour les essais du transmetteur automatique à clavier (Dosenschnellschriftgeber) est la suivante :

« Deux employés étaient de service à chacune des extrémités du fil. Les télégrammes étaient échangés par séries de cinq et le collationnement était donné après chaque dépêche par l'employé transmetteur.

« Dans les essais qui ont été faits au mois d'août dernier, entre Bruxelles et quelques grands bureaux de l'intérieur, on a dû régler la vitesse du mécanisme à la vitesse moyenne seulement, parce que les récepteurs Morse employés ne déroulaient pas assez rapidement pour enregistrer les signaux à la vitesse maximum, et ensuite parce que les employés de province, peu familiarisés encore avec le nouveau mode de travail, s'évertuaient à transcrire les signaux au fur et à mesure de leur arrivée, se fatiguaient ainsi outre mesure, et finissaient par ne plus s'y reconnaître. Il est cependant à remarquer que, même en transmettant par l'appareil de Siemens à une vitesse supérieure, l'employé *exercé* qui reçoit a généralement le temps de copier sa bande sans se presser d'une façon exagérée. En effet, s'il reçoit cinq télégrammes en 5 minutes, il dispose, non-seulement de ces 5 minutes, mais encore des 5 autres minutes qui sont nécessaires à son collègue du même poste pour transmettre sa propre série.

« M.W. Siemens n'ayant mis qu'un seul manipulateur à clavier à notre disposition, la transmission dans un sens a dû se faire à l'aide du manipulateur Morse ordinaire. Les essais

n'ont donc pas été tout à fait complets. Le rapport entre les vitesses obtenues au moyen de ces deux manipulateurs a été établi comme suit :

« Un employé travaillant vite et bien a transmis au manipulateur Morse trois dépêches en 3′47″; ces mêmes dépêches, transmises par le clavier, n'ont demandé que 2′45″ à la vitesse moyenne du Dosen et 2′13″ à une vitesse comprise entre la vitesse moyenne et la vitesse maximum.

« Voici les résultats des expériences faites en suivant la marche du travail exposé plus haut.

« Le 8 et le 10 août, Bruxelles (nord) et Bruxelles (midi) ont échangé en moyenne quarante télégrammes à l'heure.

« Le même chiffre a été obtenu lors des essais du 22 août, entre Bruxelles (nord) et Charleroi: les appareils n'étaient pas suffisamment alimentés pour permettre un travail continu de quelques heures. On a échangé :

De 9	à 10	heures,	26	télégrammes.	—	Chômage. . . .	20′
10	11	—	37	—	—	. . . .	5′
11	12	—	32	—	—	. . . .	12′
12	1	—	35	—	—	. . . .	5′
3 1/2	4	—	23	—	—	. . . .	0′

« Le 21 et le 22 août, tout le serviee s'est fait régulièrement avec Charleroi par appareil Morse et par un seul fil, Bruxelles transmettant avec le manipulateur Siemens à clavier. Le travail avec Anvers (Bourse) a aussi donné sensiblement la même moyenne de quarante dépêches.

« Ce résultat ne paraissant pas assez concluant à cause de l'inexpérience des employés de province, une épreuve fut faite à Bruxelles (nord) même : on communiqua d'une salle à l'autre, d'un côté avec le manipulateur à clavier et un appareil Morse de Siemens; de l'autre, avec la clef Morse et un récepteur de Digney. Des employés exercés de part et d'autre échangèrent, sans interruption, de 2 h. 30′ à 4 h. 50′, cent vingt-cinq télégrammes pris au hasard dans les dépêches privées, soit un rendement de cinquante-trois télégrammes à l'heure.

« Le mécanisme du manipulateur à clavier était réglé à la vitesse moyenne, représentant la limite à laquelle le déroule-

ment des bandes permettait encore la formation de beaux signaux.

« On peut donc admettre que si, dans les deux sens, la transmission, pour essai, s'était faite par le manipulateur Siemens à clavier, et si l'on avait pu utiliser la vitesse maximum de cet appareil, on eût dépassé aisément le chiffre de soixante dépêches à l'heure.

« Il faut supposer cependant que, dans les conditions ordinaires de la pratique, ce rendement ne serait pas toujours atteint.

« A la demande de l'Administration des télégraphes de l'Empire allemand et de l'Administration des télégraphes français, quelques expériences ont aussi été faites entre Bruxelles et Berlin et entre Bruxelles et Paris. Les communications étaient échangées directement entre ces bureaux sans introduction de relais translateurs en un point quelconque du parcours des lignes.

« Dans ces conditions, Bruxelles a pu recevoir à une grande vitesse de Berlin, qui employait également le « transmetteur automatique à clavier ».

« Dans les essais avec Paris, Bruxelles a transmis avec toute la vitesse que le manipulateur Siemens pouvait produire et Paris a parfaitement reçu.

« Bruxelles, le 30 octobre 1874.

« Pour le directeur des télégraphes de l'État :

« l'Ingénieur en chef, délégué,

« *Signé* DELARGE. »

L'Anglo-American telegraph Company.

Extraits du rapport des administrateurs à l'Assemblée du 9 avril 1875.

. . . .

Le total des recettes du 1er janvier au 31 décembre 1874, en y comprenant le solde de £ 9089.14.1 provenant du dernier compte, s'élève à £ 713.018.145.7 qui, ajoutées aux

£ 254.947.5.2 représentant les fonds du renouvellement, forment un total de £ 967.965.19.9.

Les dépenses de l'année, y compris les frais de la pose du nouveau câble et l'impôt sur le revenu, s'élèvent à £ 614.282.8.9.

On a payé en 1874 trois dividendes trimestriels au taux de 5 p. 100 par an, libre d'impôt, qui ont absorbé £ 262.500, et ont laissé un solde de £ 91.183.11.5 sur lequel il a été réservé un dernier dividende trimestriel, toujours calculé à raison de 5 p. 100 par an, soit £ 87.500 qui laissent un solde de £ 3683.11 à reporter à nouveau.

La différence en moins de £ 62.918 dans le chiffre des recettes de l'année 1874, comparée à celui de l'année 1873, doit être attribuée au calme des affaires commerciales en Amérique pendant cette année.

Les administrateurs regrettent de n'avoir pas à proposer un dividende supérieur à 5 p. 100 pour l'année finissant le 31 décembre 1874. L'examen des comptes démontrera qu'il aurait été très-imprudent de distribuer un dividende plus élevé. On dira peut-être, avec une certaine apparence de raison, que des sommes trop importantes ont été distraites du compte de revenu, pour être employées à de nouveaux travaux; mais il était impossible d'agir autrement à moins d'augmenter le capital de la Compagnie, ce que les administrateurs considèrent comme tout à fait inopportun; et ce qui leur a donné la conviction que, dans cette circonstance, leur manière d'agir sera approuvée par les intéressés.

Les administrateurs ont longtemps examiné le chiffre auquel il convenait de fixer le tarif des dépêches. Des clients importants et plusieurs des intéressés, ont souvent fait ressortir aux administrateurs l'inconvénient de maintenir le tarif à raison de 5 francs par mot; et quoique l'expérience ait démontré que ces prix, combinés avec le système de faire payer par mot, offraient un très-grand avantage au public, tout en permettant à la Compagnie de réaliser des bénéfices satisfaisants, les administrateurs, en prévision d'une concurrence prochaine, ont décidé de réduire les prix à 2f,50 par mot à partir du 1er mai prochain.

Le contrat pour la fabrication et la pose d'un cinquième

câble, dont il avait été question dans le dernier rapport, a été fidèlement exécuté par la Telegraph Construction and maintenance Company; le câble a été posé de Terre-Neuve à Valentia, l'opération a parfaitement réussi et sans le plus léger accident.

Le *Great Eastern*, accompagné de l'*Hibernia*, a quitté l'Angleterre le 9 août.

Ce navire, après être arrivé à Heart's Contents (Terre-Neuve) le 23 août, et après avoir posé les câbles côtiers, a commencé le 26 août à laisser filer son câble en marchant vers l'Irlande, où il est arrivé en vue de la côte le 6 septembre; la soudure définitive a été faite le 8 septembre, et la pose du câble de 1874 s'est ainsi effectuée en treize jours.

Le nouveau câble, est au point de vue de l'isolation et de la capacité de transmission, le meilleur des câbles transatlantiques.

Le navire, que les administrateurs ont acheté pour remplacer le *RobertLowe* qui s'est perdu l'année dernière, est le steamer la *Minia,* vaisseau beaucoup plus grand, pouvant faire les réparations dans les eaux profondes et dans les basfonds; il est construit en fer et jauge 1.986 tonneaux.

L'armement de ce navire est parfaitement en rapport avec sa destination, et il a été revêtu d'une armature en bois de 4 pieds 1/2 au-dessus et au-dessous de la ligne de flottaison et destinée à la protéger contre les glaces.

Le capitaine de ce navire a été choisi avec le plus grand soin ainsi que l'équipage; et ce navire a déjà rendu à la Compagnie des services importants; son premier travail a été la réparation du câble de 1866, rompu à la hauteur de l'Irlande, réparation qui a eu lieu le 14 juillet 1874; en outre, la présence de ce navire dans la baie de Placentia au mois de septembre a épargné à la Compagnie une perte considérable sur les revenus, car il a réparé en quelques heures les câbles situés dans des eaux peu profondes et qui avaient tous été interrompus par une tempête qui a duré plusieurs jours.

La réserve de câble mise à bord de ce navire pour le mettre à même de faire les réparations nécessaires, a nécessité une forte dépense que l'on ne pouvait éviter.

Malgré plusieurs attaques dirigées contre le privilége de la

Compagnie à Terre-Neuve, le gouvernement a strictement rempli ses engagements et paraît décidé à maintenir dans leur intégrité les articles de la Charte accordée en 1854 à la New-York, New-Foundland and London Telegraph Company; Charte qui a donné à l'Anglo-American Telegraph Company, comme successeur de la Compagnie de Terre-Neuve, le droit exclusif (sauf quelques réserves au sujet desquelles il existe une grande divergence d'opinions) de poser des câbles et d'exploiter des lignes télégraphiqnes dans l'île, pour une période de cinquante ans.

Au mois de juillet dernier, une Compagnie rivale a posé un câble de Halifax (Nouvelle-Écosse) à Conception Bay (Terre-Neuve) : notre Compagnie s'est adressée immédiatement à la Cour de Terre-Neuve, pour obtenir un jugement devant empêcher ses adversaires d'empiéter sur les droits acquis par contrat; la partie adverse a en vain essayé, depuis, de faire révoquer le jugement rendu contre elle, elle a été obligée de retirer son câble de Conception Bay.

La même Compagnie rivale est parvenue à faire présenter à la dernière session du Parlement de la colonie, et à faire adopter une loi qui, si elle eût obtenu l'assentiment royal, aurait gravement compromis les droits et le privilége de notre Compagnie.

Il y a presque vingt ans que le New-York, New-Foundland and London Company (par suite d'un accord avec la Nova Scotia Telegraph Company qui avait alors seule le droit de poser des câbles dans la Nouvelle-Écosse et de les exploiter), a posé le premier câble de cette série, de Terre-Neuve au Cap Breton et à la Nouvelle-Écosse, qui forment comme les anneaux d'une chaîne par terre et par mer entre les lignes principales de l'Atlantique et New-York.

Ces câbles, ainsi que les lignes de terre les reliant entre eux au Cap Breton, ont été exploités depuis près de vingt ans, par la New-Foundland Company et notre Compagnie, en vertu des arrangements pris avec la Nova Scotia Company, pour le trafic local et européen.

Le but avoué du bill canadien était de priver la Compagnie, par une loi *ex post facto*, du droit d'exploiter ses câbles au Cap Breton (câbles qui avaient été posés plusieurs années

avant que la Nouvelle-Écosse soit devenue une province du Canada), à moins qu'elle ne consentît à abandonner son droit exclusif de faire atterrir des câbles à Terre-Neuve, droit pour lequel, au moment de la fusion des Compagnies, il a été payé une forte somme.

Notre Compagnie n'a appris l'existence de ce bill que quatre jours avant qu'il soit soumis au Sénat ou Chambre haute. Ses auteurs n'en avaient donné aucun avis à la Compagnie, de sorte que les priviléges et les droits de la Compagnie ont failli être confisqués en son absence et sans qu'elle en soit prévenue.

L'injustice criante d'une telle loi vis-à-vis de la Compagnie a probablement été, dans cette circonstance, la cause principale de sa chute. La Compagnie fit des réclamations pressantes auprès du gouverneur général du Canada, et Son Excellence ayant bien voulu réserver le bill pour l'approbation de Sa Majesté, les administrateurs ont soumis leurs raisons au secrétaire d'État des colonies, en même temps que les auteurs du bill faisaient connaître leur manière de voir, et il a été possible d'arriver à prendre une décision raisonnable et équitable pour les deux parties.

Le résultat de l'enquête faite par le département des colonies et le Trésor au sujet des réclamations des Compagnies respectives a été que le bill serait renvoyé au Canada pour être réexaminé.

Le 9 février 1875, le gouvernement de la colonie a présenté lui-même un bill (loi) à peu près semblable à celui de la dernière session, et qui a été adopté par les deux Chambres. Une copie de ce bill sera envoyée à tout intéressé qui en fera la demande au secrétaire. Deux des administrateurs de la Compagnie sont allés à Ottawa, au moment de la discussion de ce bill au Parlement de la colonie, et ont réuni tous leurs efforts pour le faire repousser. Ils ont réussi à obtenir des amendements sur quelques-uns des articles, mais l'ensemble n'a pas été changé; les administrateurs continueront naturellement à défendre par tous les moyens en leur pouvoir la position et le privilége de la Compagnie à la Nouvelle-Écosse.

. . . .

Le Câble direct des États-Unis.

A la fin du mois de janvier, les journaux anglais ont publié la lettre suivante, qui leur a été adressée par le secrétaire de la Compagnie Direct United States Telegraph :

« Je suis autorisé par mon administration à vous faire savoir que le Faraday est arrivé à Portland Roads ce matin, à trois heures. Il se rendra à Gravesend pour y être réparé et pour se ravitailler, et il reprendra ensuite les opérations.

» Le câble direct des États-Unis est maintenant posé entre l'Irlande et la côte des États-Unis, à l'exception d'une section de 250 milles. Cette section n'est pas située dans les eaux profondes, et la pose a été retardée par une série de fortes tempêtes. Le point où se trouve l'extrémité du câble est exactement connu, et les agents chargés de l'expédition affirment qu'il n'y aura pas de difficulté à achever l'immersion dès que le temps se sera amélioré.

» J'ai l'honneur d'être, etc.,

» Charles, S. CLARKE, secrétaire. »

(*Journal international.*)

Nécrologie.

Notice sur M. Abel Guyot, par M. Prioul, inspecteur divisionnaire des télégraphes. — Atteint d'une maladie cruelle qui, depuis plusieurs mois, le clouait sur un lit de douleur M. Guyot, inspecteur de 4ᵉ classe au Havre, a succombé le 9 février 1875. Il sera vivement regretté de ses amis, à qui il fut toujours si dévoué, de l'administration qu'il a servie jusqu'à la dernière heure, et qui perd en lui un de ses fonctionnaires les plus laborieux. L'avant-veille de sa mort, nous eûmes ensemble un entretien de plus d'une heure, dans lequel il voulut encore traiter diverses questions de service; il le fit avec une entière lucidité et une étonnante liberté d'esprit. C'était un spectacle triste et consolant à la fois que celui de cette intelligence intacte, de cette énergie inébran-

lable, en présence de la dissolution physique qui commençait déjà. Une longue maladie de plus d'un an et de cruelles souffrances ininterrompues n'avaient pas brisé son courage, et l'œuvre de destruction, que les approches de la mort déterminaient dans tout son être, semblait faire ressortir davantage encore sa vigueur morale, qui restera dans le souvenir de ceux qui l'ont connu comme un de ses traits distinctifs.

Né à Vannes le 19 juin 1830, Guyot avait débuté dans l'administration des télégraphes comme employé, en 1853 : il était de ceux qu'une intelligence vive, un grand amour du travail, un esprit chercheur et ingénieux, et un besoin toujours inassouvi d'instruction signalent vite à l'attention de leurs chefs. Aussi franchit-il rapidement les premiers échelons de la hiérarchie. Chef de station à Saint-Malo en 1856, il était, en 1859, directeur de station à Nantes et Toulouse. En 1860, l'administration l'attachait à des services de travaux.

Dans ces fonctions si différentes, Guyot déploya les aptitudes variées de son esprit pénétrant et ouvert. Il fut bientôt nommé sous-inspecteur et chargé, en cette qualité, du service important du magasin central auquel se rattachaient les vérifications et réceptions d'appareils. Plus tard on lui confia le service du matériel de l'inspection de la Seine, et enfin, peu de temps avant la guerre, l'inspection du Havre. Cette simple nomenclature des services qu'il a gérés indique suffisamment le cas que faisait l'administration de son concours. Ne savait-elle pas qu'il s'inspirait toujours des vues les plus larges, et que son tempérament le portait bien plutôt à étendre qu'à restreindre son horizon? D'une nature ardente, généreuse, énergique, il ne savait pas s'épargner, et il lui eût été plus facile de dépasser le but que de rester en déçà. Il a, dans sa sphère d'action, réalisé bien des améliorations, bien des progrès, et les résidences par lesquelles il a passé ont profité, dans une large mesure, de son esprit d'initiative qui n'eut jamais besoin d'être stimulé.

Les habitants du Havre se rappellent avec reconnaissance l'activité qu'il déploya pendant la guerre et ses efforts couronnés de succès pour maintenir les communications de cette ville importante avec le reste de la France, au moyen d'un câble immergé à l'embouchure de la Seine.

Nommé chevalier de la Légion d'honneur en 1872, Guyot était promu, le 1er février 1874, au grade d'inspecteur. Il avait le droit d'être fier de cette double récompense qui couronnait si bien vingt années de travail intelligent et d'infatigable dévouement. Mais à peine le temps lui fut-il laissé de mesurer du regard le chemin qu'il avait si vaillamment parcouru.

Après un an de souffrances, il était enlevé, à l'âge de quarante-cinq ans à peine, à une famille et à des amis qui le pleureront longtemps, à un personnel dont il était le guide bienveillant plutôt que le chef, à l'administration qui attendait encore de lui de nouveaux services.

Qu'il nous soit permis à nous, son chef, plus encore son ami, de nous faire ici l'interprète des regrets que cause à un si grand nombre de nous la perte douloureuse de celui que la mort est venue prématurément frapper *.

* Le *Télégrapher* du 24 mars a consacré à la mémoire de M. Guyot un article élogieux dans lequel il rappelle les relations de ce fonctionnaire avec les électriciens américains, relations facilitées par sa connaissance parfaite de la langue anglaise. — D'après ce journal, M. Guyot aurait envoyé en Amérique le premier élément de pile Callaud, et son rapport sur cette pile aurait décidé son introduction dans les États-Unis.

BULLETIN ADMINISTRATIF.

LA TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE AU BRÉSIL
AU COMMENCEMENT DE 1875.

(Extrait d'un document communiqué par le département des affaires étrangères.)

La télégraphie électrique a été inaugurée au Brésil, en 1859, par l'établissement de petites lignes destinées aux différents services du gouvernement dans la capitale de l'Empire. En 1863, les forteresses de la rade de Rio-de-Janeiro ont été reliées avec la ville par des câbles sous-marins, et, bientôt après, une ligne a été portée jusqu'au cap Frio. En 1865, on a décrété la construction d'une ligne double entre la capitale et la ville importante de Rio-Grande-do-Sul. Cette ligne, qui dessert tous les ports du Sud, est aujourd'hui achevée et va incessamment être prolongée jusqu'à Montevideo par un câble sous-marin. D'ici à fort peu de temps, le télégraphe fonctionnera donc entre les quatre capitales du Brésil, de la République Orientale, de la Confédération Argentine et du Chili. Grâce au câble transatlantique, qui a été inauguré le 23 juin dernier, les nouvelles d'Europe, transmises avec rapidité, modifieront toutes les conditions actuelles de la vie politique et ouvriront un vaste champ à l'activité commerciale des deux continents.

Un autre câble sous-marin est sur le point d'être posé entre le Para et les États-Unis; les deux Amériques ne tarderont pas à se trouver également en communication.

I. **Lignes de l'État.** — Les lignes construites par l'État avaient, à la fin de décembre 1873, une étendue de 3.459 kilomètres et un développement de 5.311 kilomètres de fil; les stations étaient au nombre de soixante et onze.

On peut distinguer les lignes urbaines, celles des provinces du Nord et celles des provinces du Sud.



Les lignes urbaines ont un parcours de 24 kilomètres; elles comprennent un fil sous-marin de 1.200 mètres, entre l'arsenal de la marine, et l'un des forts de la rade et sont desservies par treize stations; mais c'est surtout pour les besoins des diverses administrations qu'elles ont été établies.

Les lignes des provinces du Nord comptaient 907 kilomètres et 1.026 kilomètres de fil à la fin de l'année 1873; leurs stations étaient au nombre de vingt; elles reliaient Rio-de-Janeiro à Victoria et Pernambuco à Maceio. Mais, depuis six mois, elles font communiquer les capitales des provinces de Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia et Espirito-Santo avec la capitale de l'Empire.

Les lignes du Sud, les plus importantes avant l'achèvement des précédentes, atteignaient un développement de 2.527 kilomètres, avec 4.130 kilomètres de fil et trente-deux stations.

Partant de Rio pour se terminer à Iaguardo, sur la frontière de la République de l'Uruguay, elles comptent quatre embranchements : le premier de Santos à Saint-Paul, capitale de la province du même nom; le second de Paranagua à Coritiba, capitale de la province de Parana, avec une bifurcation se dirigeant sur Antonina; le troisième de Porto-Alegre, capitale de la province de Sao-Pedro, de Rio-Grande-do-Sul à Sao-Gabriel, d'où il doit continuer jusqu'à Uruguayana; le quatrième de Pelotas à la barre de Rio-Grande.

La construction des télégraphes est particulièrement difficile au Brésil. Les lignes ont à traverser souvent de vastes espaces inhabités, parfois des forêts vierges où il faut ouvrir des chemins spéciaux (picadas) pour leur établisssement et leur entretien; ailleurs les fils sont immergés dans des rivières où ils risquent d'être brisés par la violence du courant dans la saison des pluies ou dans les baies de la côte où ils subissent l'action corrosive de l'eau de mer.

Le prix élevé des bois, dont l'achat est rendu très-coûteux par la difficulté des transports, leur peu de durée dans un pays où ils sont exposés tour à tour à l'humidité et à l'ardeur du soleil, ont fait adopter l'usage des poteaux en fer. Les isolateurs sont en porcelaine, dépourvus de toute garniture métallique.

Les dépenses de l'administration des télégraphes pendant

l'exercice de 1872-1873 (traitement du personnel et des ingénieurs, installation des stations, acquisition de matériel, frais de construction, réparations) s'élèvent annuellement à 3.411.151 francs.

Les recettes provenant principalement de la taxe des télégrammes ne dépassent pas 466.578 francs. Il y a donc pour le gouvernement un déficit de 2.944.573 francs. Cependant si l'on retire des sommes déboursées, pour une plus juste comparaison, les frais de construction des lignes nouvelles et le traitement des ingénieurs employés à ce travail, on trouve que la proportion des recettes aux dépenses monte à 42 p. 100.

Voici, du reste, un état comparatif des recettes et des dépenses dans ces dernières années :

1866-67.	25 p. 100	1870-71.	39 p. 100
1867-68.	21 —	1871-72.	39 —
1868-69.	26 —	1872-73.	42 —
1869-70.	32 —		

Pendant l'exercice de 1872-1873, le rendement moyen des stations a été de 1.170 francs par mois, leur coût de 592 francs.

Les dépenses de surveillance et de conservation des lignes ont été de 86 francs par kilomètre durant l'année.

II. **Compagnie des lignes télégraphiques de l'intérieur.** — Outre le réseau télégraphique de l'État, il existe encore la Compagnie des lignes télégraphiques de l'intérieur. Elle n'a point encore de service en activité; elle est seulement concessionnaire de plusieurs lignes, notamment de celle de Rio-Janeiro à Petropolis; elle doit aller ensuite jusqu'à Parahyba-do-Sul, Juiz de Fora et Ouropreto, capitale de la province de Minas Geraes, près de laquelle se trouvent les mines d'or les plus importantes de l'Empire. D'un autre côté, elle établira des communications avec Cantagallo, Macahe, Campos et Saõ-Ioão-da-Barra. La Compagnie installe d'ailleurs ses lignes sans subvention du Gouvernement et se charge de les exploiter à ses risques et périls.

L'État n'intervient que pour contrôler son service.

III. **Lignes télégraphiques des Compagnies de chemins de fer.** — Les Compagnies de chemins de fer possèdent aussi des télégraphes qui transmettent les dépêches

particulières moyennant des taxes approuvées par le gouvernement. Leur longueur actuelle est de 1.113 kilomètres.

IV. **Câbles transatlantiques.**— Les câbles transatlantiques qui partent du Brésil sont au nombre de trois : l'un va aboutir à Lisbonne, l'autre aux États-Unis, le troisième à Buenos-Ayres.

1° Le premier se divise en trois sections : réuni à la ligne de Rio à Pernambuco, il se dirige d'abord de ce port sur Saint-Vincent aux îles du Cap-Vert; sa seconde section s'étend de Saint-Vincent à Madère, sa troisième de Madère à Lisbonne.

Par une convention en date du 16 mai 1864, M. Pier Alberto Ballestrini était devenu concessionnaire de ce câble, mais l'entrepreneur n'ayant pas achevé l'installation de la première section dans les délais fixés, la concession fut révoquée et accordée, par le décret du 16 août 1872, au vicomte de Mana, un des plus grands banquiers du Brésil, qui se trouvait en mesure de terminer rapidement les travaux, grâce à un accord avec les Compagnies télégraphiques anglaises. Les principales conditions du contrat étaient l'inauguration de la ligne avant le 31 décembre 1874, un privilége de vingt ans, l'obligation éventuelle d'établir un second câble dans un délai de deux ans si, au 1er janvier 1885, au plus tard, les dépêches envoyées atteignaient une moyenne de 300 par jour pendant deux années consécutives. La taxe maximum des télégrammes de 20 mots, partant de Pernambuco, était fixée à 160 francs pour le Portugal, 125 francs pour Madère et 80 francs pour Saint-Vincent. Ces prix étaient sujets à réduction si, au 1er janvier 1877, au plus tard, la moyenne des télégrammes de 20 mots s'élevait à 150 par jour pendant deux années consécutives, et ils ne pourraient pas alors dépasser 120 francs, 107f,50 et 72f,50 pour les points ci-dessus mentionnés. Les dépêches de 10 mots ne devraient être taxées qu'à la moitié de ces chiffres.

Le vicomte de Mana transféra la concession avec tous ses avantages à la Compagnie anglaise « Telegraph Construction and maintenance Company limited ». Le capital de l'entreprise montant à 1.300.000 livres sterling, fut souscrit à Londres, et les travaux furent menés avec assez de rapidité pour que la ligne pût être ouverte au public le 1er janvier 1874, de

Rio à Pernambuco, et le 23 juin, de Pernambuco à Lisbonne. La longueur du câble est d'environ 5.000 milles anglais.

Voici le prix d'une dépêche de 20 mots envoyée de Rio :

Ile de Saint-Vincent	162f,50
Ile de Madère	210 ,60
Portugal	227 ,50
Espagne	231 ,80
Angleterre	236 ,30
Hollande	241 ,50
France	242 ,50
Allemagne et Italie	243 ,60

L'élévation des tarifs de la Compagnie a fait naître une industrie basée sur le groupement des dépêches. C'est ainsi que l'agence américaine et l'agence Havas, qui font concurremment le service des journaux, y ont annexé un service spécial de dépêches particulières à prix réduits.

Voici le tarif de l'agence américaine :

Angleterre	premier mot	52f,00
	mots suivants	13 chacun
France, Belgique, Hollande	premier mot	52 ,80
	mots suivants	13 ,80
Portugal, Espagne et autres pays d'Europe	premier mot	53 ,05
	mots suivants	14 ,05
États-Unis (Est)	premier mot	58 ,50
	mots suivants	19 ,50
États-Unis (Ouest)	premier mot	61 ,10
	mots suivants	22 ,10

Cette Compagnie fait donc payer aux particuliers moins cher que sa rivale lorsqu'il s'agit, par exemple, d'une dépêche de 6 ou 7 mots. Mais 20 mots appartenant à plusieurs dépêches séparées lui rapportent plus qu'une dépêche ordinaire ne rapporte à la Compagnie anglaise. Elle trouve donc son bénéfice en envoyant par le câble une certaine quantité de télégrammes placés bout à bout et pour lesquels elle ne paye le prix du tarif que par chaque série de 20 mots. La différence entre ce qu'elle perçoit et ce que lui demande la Compagnie transatlantique forme son profit.

2° Le Câble qui doit relier le Brésil aux États-Unis a été

inauguré le 1er janvier 1874 entre Rio-Janeiro et Para. Une ligne ira de ce port à celui de Maranhao.

3° La Company « Platino-Brazileira » a été autorisée par un décret du 16 mars 1871 à établir un câble télégraphique entre le Brésil et Montevideo qui déjà se trouve en communication avec Buenos-Ayres. Cette Compagnie jouit d'un privilége exclusif de quarante ans. Un décret du 15 octobre 1873 lui a accordé la jouissance du câble pour vingt années de plus, mais sans privilége. Ce délai expiré, la ligne et toutes ses dépendances, situées sur le territoire de l'Empire, feront retour au Gouvernement sans indemnité aucune. Cette ligne va, par mer, de Rio à Santos, à Santa-Catharina puis à Rio-Grande-do-Sul. De là, elle continue, par terre, jusqu'à la rivière de Chuy, frontière de la République Orientale. Déjà deux navires sont partis d'Angleterre pour opérer l'immersion du câble entre ce point et Montevideo; tous deux ont été perdus par la tempête. Un troisième essai doit être tenté au mois de mars, et il est permis d'espérer qu'il sera plus heureux.

Les télégraphes prennent de jour en jour, au Brésil, une extension et une importance plus grandes. On peut dire, cependant, que leur utilité n'y est pas aussi urgente que dans les pays européens. Le télégraphe suppose une civilisation avancée, une population nombreuse, un commerce développé le besoin fréquent des communications rapides.

C'est pourquoi, dans l'état actuel des choses, les lignes de l'intérieur ne répondent pas à une nécessité impérative, si ce n'est toutefois pour le service du gouvernement et pour les besoins de l'administration. Le peu d'agglomération de la population, l'absence de grandes villes, la lenteur des transports et, par suite, des relations commerciales peu considérables, peuvent justifier cette opinion.

Il n'en est pas de même du littoral de l'Empire où se trouvent des villes nombreuses et importantes, des ports fréquentés par le commerce du monde entier. Relier ces localités entre elles, puis unir la capitale du Brésil avec l'Europe, l'Amérique du Nord et les États du Sud, c'était là une idée dont la réalisation sera féconde pour le pays. Désormais le Brésil ne sera plus isolé. Un courant instantané des idées comme des faits s'établira à travers l'Océan et resserrera les relations po-

litiques et commerciales au profit du progrès et de la prospérité de l'Empire. La réalisation de cette entreprise sera, après l'émancipation, l'acte le plus important du règne pacifique et civilisateur de Pedro II.

Câble direct entre l'Italie et la Sardaigne.

(Extrait du *Bulletino telegrafico.*)

Convention conclue entre le gouvernement italien et le baron E. d'Erlanger pour l'immersion et l'entretien d'un câble électrique sous-marin entre le continent italien, près Orbitello, et l'île de Sardaigne, près de la Maddalena. — Art. 1er. Le baron d'Erlanger s'oblige à immerger et mettre à la disposition du gouvernement italien un câble électrique entre le continent italien, près Orbitello et la Sardaigne, près Maddalena.

Le câble devra être neuf et construit conformément aux règles de l'art; un spécimen du câble sera soumis à l'administration avant la pose.

Art. 2. Le baron d'Erlanger s'oblige encore à entretenir ledit câble pendant trente années en parfait état de conductibilité et isolement, de manière à permettre la transmission régulière de la correspondance télégraphique.

Art. 3. Le câble devra être immergé dans le délai de trois mois, à dater du jour où la présente convention aura été approuvée par une loi.

La période du 1er novembre au 31 mars sera d'ailleurs exclue du calcul des trois mois.

Art. 4. L'immersion faite, une personne officiellement déléguée par le gouvernement italien, avec le concours d'un représentant du baron d'Erlanger, fera les expériences qu'elle jugera les plus propres à s'assurer du parfait isolement et de la conductibilité du câble, et en prendra livraison par un procès-verbal signé des deux parties.

Art. 5. Le gouvernement italien se chargera exclusivement du service du câble au moyen d'un personnel, de bureaux et

d'appareils propres, suivant les règles de l'art et avec le nombre d'éléments de pile reconnu nécessaire pour faire fonctionner les appareils employés.

Art. 6. L'entrepreneur aura le droit de mettre en œuvre, aux points d'aterrissement du câble, les mécanismes qu'il lui plaira, afin de protéger le câble, à condition que ces mécanismes ne mettent point obstacle nuisible à la libre navigation, à l'exercice des professions maritimes, ni aux besoins de la défense nationale.

Art. 7. Le gouvernement italien payera au baron d'Erlanger la somme de 110.000 lires (en or) par an, par portions trimestrielles égales, à l'expiration de chaque trimestre, libres de tout impôt quelconque, présent ou futur, à partir du jour où le câble aura été immergé et mis en service avec succès.

Art. 8. L'entrepreneur s'oblige à procéder à la réparation du câble quand il viendra à cesser de fonctionner, ou quand son isolement et sa conductibilité seront reconnus tels que les télégrammes ne pourront plus être transmis régulièrement.

Le service régulier devra être repris dans le délai de quatre mois, à partir du jour où l'administration des télégraphes aura informé l'entrepreneur de l'existence d'un défaut.

La période du 1er novembre au 31 mars sera pareillement exclue du calcul de ces quatre mois, mais seulement dans le cas où le défaut serait au delà du câble d'atterrissement.

Art. 9. Pendant la durée de l'interruption ou du dérangement dont il est question dans l'article précédent, l'entrepreneur perdra le droit à une quote-part proportionnelle de l'annuité que le gouvernement italien est tenu de lui payer, aux termes de l'art. 7.

Art. 10. Si l'entrepreneur laisse passer un délai supérieur à celui fixé par l'art. 8 sans réparer le câble, il payera au gouvernement italien une amende de 10.000 lires en or, et ainsi de suite pour chaque intervalle égal de temps jusqu'à l'expiration de l'année. Si enfin au bout de l'année le câble n'est pas réparé, le contrat sera résolu de droit, et le gouvernement restera maître absolu du câble, sans être tenu à aucune compensation.

Il est bien entendu qu'on calcule l'année en tenant compte

de l'exception formulée à l'article 8 et relative à l'intervalle du 1er novembre au 31 mars, au cas où le défaut est au delà du câble d'atterrissement.

Art. 11. Les pénalités ci-dessus affectées aux cas d'interruption ou autres dérangements du câble cesseront d'être applicables si l'entrepreneur a fait la déclaration qu'il a commandé un nouveau câble dont l'immersion aura lieu dans le délai d'un an, sans exception aucune, à dater de l'époque du dérangement.

En pareil cas, il perdra simplement ses droits à l'indemnité pour tout le temps qui s'écoulera entre le commencement du dérangement et la reprise du service régulier.

Art. 12. Si après cette déclaration l'entrepreneur, au lieu de poser un nouveau câble, a réparé dans le cours de l'année calculée sans exception, comme il est dit à l'art. 11, le câble existant, il payera l'amende déterminée par l'art. 10, autant de fois qu'il y aura de périodes de quatre mois écoulées entre la date de l'interruption et celle de la réparation.

Art. 13. Dans le cas où après la susdite déclaration le câble existant n'aurait pas été réparé ou remplacé par un nouveau dans un délai d'un an sans exception, l'entrepreneur acquittera l'amende déterminée par l'art. 12, et perdra en outre ses droits au câble, dont la possession pleine et entière, et sans compensation aucune, reviendra au gouvernement.

Art. 14. Au bout d'une période de trente ans, à dater de l'entrée en service du premier câble, le gouvernement italien aura la possession absolue du câble et des câbles immergés en raison de la présente convention, sans être tenu à aucun payement, remboursement ou indemnité.

Art. 15. A titre de garantie de l'engagement pris par l'entrepreneur d'immerger le câble dans le délai prévu par l'art. 3, ce dernier déposera, en signant la présente convention, 100.000 lires en billets de l'État, au cours de la veille à la bourse de Florence.

Le jour où le câble fonctionnera régulièrement, cette garantie lui sera rendue avec les coupons correspondants. Passé le délai fixé pour l'immersion sans qu'elle ait eu lieu, ce cautionnement sera au contraire acquis au gouvernement italien, et le traité sera annulé.

Art. 16. En garantie du versement des amendes édictées par les art. 10, 12 et 13, le gouvernement opérera sur chacune des premières échéances fixées par l'art. 7 une retenue de 10.000 lires en or, jusqu'à concurrence de 30.000, qui seront converties en effets de l'État pour une somme équivalente. Ces effets seront placés au compte de l'entrepreneur à la caisse des dépôts et consignations.

Ledit dépôt ou cautionnement sera reconstitué jusqu'à pleine intégrité par retenues de 10.000 lires sur les premiers payements trimestriels successifs, chaque fois qu'il se trouvera réduit ou épuisé pour amendes à satisfaire.

A l'expiration de la convention, le dépôt alors existant sera restitué à l'entrepreneur, déduction faite des amendes dont il serait grevé.

Art. 17. Le baron d'Erlanger aura le droit de céder son contrat à une société solvable connue, sans pouvoir néanmoins retirer pour cela la somme existant à titre de garantie.

Art. 18. La présente convention ne sera valable que si elle est approuvée par une loi.

PERSONNEL.

PROMOTIONS ET MUTATIONS.

MM.				
Ponget	Insp[r] divis[re] 1[re] cl.	de Marseille	à Montpellier.
Cherbonnel	Id. 2[e] cl.	Cherbourg	au Mans.
Richard	Id. id.	d'Alger	à Marseille.
Boussac	Inspect[r] de 2[e] cl.	de Toulouse	à l'admin[on] centrale.
Bocquentin	Id. 4[e] cl.	d'Albi	à Cherbourg.
Eschbaëcher	Id. id.	de Paris	à Besançon.
D'Aymard	Dir[r] de tr[ons] 2[e] cl.	Lyon	à Mâcon.
Philbert	Chef de stat. id.	Rennes	à Saint-Lô.
Pouydessus	Id. id.	Jonzac	à Pauillac.
Davillé	Id. id.	Bordeaux	à Luçon.
Collignon	Commis principal.	l'admin[on] centr[le].	à Neufchâtel-en-Bray.
Pol	Id.	Paris	au Havre.

Promotions.

Inspecteur divisionnaire.

M. Lélégard.

Inspecteurs de 1[re] classe.

MM. Ribadieu.
Rouvier.
Aubry.

Inspecteurs de 2[e] classe.

MM. Belz.
Berger.

Inspecteurs de 3[e] classe.

MM. Demeaux.
Morin.
Figaret.

Inspecteur de 4[e] classe.

M. Rigal.

Sous-inspecteurs.

MM. Raynaud.
Garnier.
Mercadier.

Directeurs de transmissions de 1[re] classe.

MM. Paute-Lafaurie.
Husson.

Chefs de station de 1[re] classe.

MM.
Loyez.
Vadot.
Munier-Pugin.
Margier.
Clouqueur.
Pirodon.
Raffaut.
Sivanne.
Etlicher.
Blée.
Le aistre de Ferrières.
Vincent.

Chefs de station de 2[e] classe.

MM.
Lefèvre-Dubua.
Rouyère de Larochette.
Vangeon.
Bour.
Dugué.
Louchez.
Guettier.
Cave.
Lamy.
Dard-Thénadey.
Dunion.
Simonin.
Boité.
Pajot.
Chalendar.
Cottet.
Frédet.
Faugaret.
Raybois.
Vandesmet.

Commis principaux.

MM.
Prud'homme.
Raveau.
Chessé.
Sauvageot.
Sudan.

MM.
Bonnet.
Delbreil.
Le Jannic de Kervizal.
Garnier.

MM.
De Gérault de Langalerie.
Evrard.
Eyband.
Fourquier.

MM.
Moner (Charles).
Augé.
Moner (Justin).
Farines.

Employés de 1re classe.

MM.
Mazet.
Hubert.
Pélissier.
Veith.
Jouis.
Mignon.
Aubry.
Jourdain.
Horion.
Pairié.
Weisser.
Ansart.

MM.
Caron.
Garnier de la Villesbret.
Martin.
Eichler.
Montillot.
Guilleret.
Magnin.
Signoret.
De Lécluse.
Perdoux.
Perdrisetz.

MM.
Millot.
Millerin.
Poggi.
Bourier.
Jacomet.
Fridblatt.
Rousselle.
Cunault.
Moll.
Silberling.
Porcher.

MM.
Montagne.
Belloc.
Marlhens.
Piard.
Lemardeley.
Martigné.
Cuper.
Cuvillier.
Bellet.
Denier.
Charault.

Employés de 2e classe.

MM.
Cornilleau.
Defer.
Lacroix.
Rivier.
Pierre.
Bibonne.
Pauwin.
Leroi.
Baseilhac.
Morant.
Cabaret.
Godillon.
Beauvalet.
Lucas.
Lestelle.
Guibal.
Auzenat.
Doste.

MM.
Clauzel.
Magol.
Anrigo.
Cochet.
Redon.
Bourdonnais.
Coulomb.
Lesné.
Cressent.
Salomez.
Pradal.
Teyssié.
Figeac.
Ribet.
Velle.
Desfray.
Léard.

MM.
Denis.
Michel.
Lépine.
Guisset.
Paitre.
Ladevèze.
Piquant.
Millot.
Faggianelli.
Rocher.
Chauvin.
Barbanceys.
Calbat.
Sigronde.
Jaillet.
Herman.
George.

MM.
Legâte.
Marquis.
Berthe.
Bonnesœur.
Guillaume de Sauville de la Presle.
Thérieux.
Leplus.
Arnaud.
Bernard.
Devred.
Jouette.
Kranner.
Le Tual.
Sénéca.
Brahic.
Maquinghen.

Employés de 3e classe.

MM.
Merle.
Bourdonnais.
Bordenave.

MM.
Ezanno.
Varolle.
Perrard.

MM.
Buard.
Chambard.
Cayard.

MM.
Demengeon.
Albert.
Maisonneuve.

MM.
Trotot.
Rousseaux.
Baudère.
Rivier.
Moura.
Goulette.
Barran.
Corvisier.
Amilhau.
Gourjaud.
Sandron.
Enard.
Gayet.
Forfillier.
Gutleben.
Heinrich.

MM.
Lajeanne.
Cretin.
Prévost.
Gau.
Leclercq.
Bourget.
Guilmart.
Duthu.
Savary.
Wolff.
Boulleau.
Mascarel.
Pouhin.
Belfond.
Chatain.

MM.
Laurot.
Alchié.
Decorde.
Gerné.
Docquois.
Champy.
Christophe.
Marsouin.
Mottin.
Coat.
Clavier.
Esnoult.
Rengniez.
Raoult.
Evrard.

MM.
Grapez.
Milliau.
De Lantivy.
Blay.
Poupault (Albert).
Sorel.
Poupault (Henri).
Mayzou.
Boulart.
Magne.
Chairay.
Oudin.
Juin.
Guignabert.
Besson.

Employés de 4e classe.

MM.
Teisseire.
Mercier.
Juge.
Mottin.
Lefort.
Vialar.
Fourny.
Liotard.
Pujade.
Robert.
Cabailhé.
Durantis.
Jouan.
Malézieux.
Montignot.
Tondeur.
Loison.
Schoumann.
Bargès.

MM.
Besançon.
Chabert-Desnots.
Charrier.
Chatenier.
Combes.
Delhom.
Desgruelles.
Fleury.
Gal.
Gay.
Givaudan.
Léguillon.
Leymarie.
Puaux.
Raffenoux.
Sallé.
Scoquart.
Tieulières.
Vidal.

MM.
Helluy.
Gueiffier.
Thiébaut.
Billaud.
Decq.
Mauriva.
Delon.
Bresson
Cazalas.
Georgin.
Serranie.
Rigoir.
Kay.
Cazes.
Vannier.
Farrier.
Peyrou.
Lalisse.
Pary.

MM.
Dabadie.
Zimmerman.
Degay.
Soullet.
Parade.
Saint-Loup.
Le Bonin.
Baudéan.
Sesquières.
Vidal.
Lancheney.
Raïssac.
Huet de Guerville.
De Alma.
Martinet.
Bertrand.
Mongeard.
Fournier.

Mutations.

1° *En France.*

MM.			
Prioul..........	Inspectr divisre..	du Mans.......	à Rouen.
Loir...........	Inspecteur.....	de St-Etienne....	à Toulouse.
De Lander.......	Id.	l'admon centrale.	à Versailles.
Bardonnaut......	Id.	Toulon......	à St-Etienne.
Guez..........	Sous-inspecteur..	Paris.......	à Annecy.
Klié..........	Id. ..	La Rochelle...	à Albi.

Dupuy de Grandpré. .	Direct^{r} de trans^{ons}.	d'Angers.	à La Rochelle.
Pernet.	Id.	du Havre.	à Rouen.
Olivo.	Id.	de Brest.	à Toulouse.
Mangon de la Lande. .	Id.	Rouen.	au Havre.
Noëlas.	Id.	Blois.	à Toulouse.
Dalton.	Id.	Toulouse.	à Marseille.
Streicher.	Chef de station. .	Mâcon.	à Angers.
De Mauraige.	Id. . .	l'adm^{on} centrale.	à Blois.
Dumatz.	Id. . .	Trouville.	à Morlaix.
Gibassier.	Id. . .	Morlaix.	à Rouen.
Dehorter.	Id. . .	Luçon.	à Abbeville.
Rogerie.	Id. . .	Pauillac.	à Jonzac.
Lucas.	Id. . .	d'Abbeville.	à Brest.
De Carné Trécesson. .	Commis principal.	d'Évreux.	à Rennes.
Mac Auliffe.	Id.	du Havre.	à Rouen.
Lavy.	Id.	Id.	à Trouville.
Lecomte.	Id.	de Versailles. . . .	à Paris.

2° *Entre la France et les colonies.*

Tamisier.	Inspecteur.	de Versailles. . . .	à Alger.
Lecointe.	Employé.	Marseille.	en Algérie.
Pavot.	Id.	d'Algérie.	à Saumur.
Rouanet.	Id.	Id.	à Cette.
Danty-Labernade. . .	Id.	Id.	à Bordeaux.
Boudon.	Id.	Marseille.	en Algérie.
Jamey.	Id.	d'Algérie.	à Châlon-sur-Saône.
Mauruc.	Id.	de Bordeaux.	en Algérie.
Lapoujade.	Id.	Coutras.	Id.
Brunel.	Id.	Lille.	Id.
Jacques.	Id.	Montpellier . . .	Id.

Le Gérant Dunod. — Imprimerie Arnous de Rivière et Ce, 26, rue Racine.

ANNALES

TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1875 Mai-Juin

MOYEN D'AMÉLIORER LE RENDEMENT DE L'APPAREIL HUGHES

PAR M. CAËL,
Inspecteur des lignes télégraphiques.

L'étude de la formation des mots n'est pas indifférente en télégraphie. Si l'on excepte les appareils autographiques, tous les organes de transmission reproduisent les lettres une à une, soit au moyen d'aiguilles indicatrices, soit comme l'imprimerie, soit enfin par des signaux de convention. Comme ces lettres sont loin d'avoir une égale importance, il en résulte que la vitesse d'un appareil dépend, dans une certaine mesure, de la facilité avec laquelle il peut transmettre les signaux les plus usités. Cette idée, du reste, n'est pas nouvelle; elle a déjà fait l'objet d'un article publié dans les *Annales télégraphiques* *; mais elle n'a donné lieu jusqu'à ce jour à

* M. Lemoyne, *Annales télégraphiques*, tome V, janvier-février 1862.

aucune application pratique. Après y avoir mûrement réfléchi, je n'ai pas hésité à la reprendre, bien convaincu qu'il peut en ressortir d'utiles enseignements.

Je me suis préoccupé tout d'abord d'établir, sur des données certaines, l'ordre de classement des lettres de l'alphabet français, qui est un élément essentiel et pour ainsi dire la base de la question; et pour qu'il eût, sans lui faire perdre sa généralité, une corrélation plus intime avec le but que je me propose d'atteindre, j'ai puisé les 9.531 mots que j'ai décomposés, partie dans divers ouvrages de littérature, partie dans de nombreux télégrammes.

Le résultat de ce travail statistique se trouve résumé dans le tableau ci-dessous.

Tableau statistique donnant le résultat de la décomposition de 9.531 *mots.* (N° 1.)

LETTRES dans l'ordre alphabétique. (1)	RÉPARTITION des 48.047 lettres contenues dans les 9.531 mots. (2)	CLASSEMENT des lettres, le K étant pris pour unité. (3)	LETTRES dans l'ordre alphabétique. (1)	RÉPARTITION des 48.047 lettres contenues dans les 9.531 mots. (2)	CLASSEMENT des lettres, le K étant pris pour unité. (3)
A	3.534	E 219,3	M	1.508	M 45,7
B	469	R 117,7	N	3.557	É 38,9
C	1.592	N 107,7	O	2.632	V 27,5
D	1.733	A 107,0	P	1.522	G 17,5
E	7.238	S 106,3	Q	494	H 17,3
É	1.284	I 104,8	R	3.886	F 15,0
F	496	T 97,8	S	3.510	Q 14,9
G	596	U 81,8	T	3.229	B 14,2
H	574	O 79,7	U	2.679	X 7,8
I	3.460	L 69,3	V	909	Y 6,4
J	179	D 52,5	X	258	Z 5,7
K	33	C 48,2	Y	212	J 5,4
L	2.290	P 46,1	Z	189	K 1,0

L'auteur de l'alphabet Morse, d'origine américaine, a

assigné, à très-peu près, les signaux les plus simples aux lettres que ce tableau fait ressortir comme les plus fréquentes ; il en est de même de l'alphabet allemand appliqué à l'appareil Jaite, d'invention récente. Il existe donc, sous ce rapport, entre les trois langues dont l'usage est le plus répandu, une analogie remarquable qui me semble présenter quelque intérêt au point de vue de l'emploi des appareils à grande vitesse dans les relations internationales.

Comme on le voit, le système Morse tient compte de l'importance relative des lettres ; mais il n'en est pas ainsi de l'appareil Hughes : avec lui, tous les signaux sont traités sur le pied de l'égalité ; il perd ainsi un élément de vitesse qui aurait peut-être pour effet de le placer à la hauteur des appareils nouveaux, sur lesquels il n'a plus guère aujourd'hui que l'avantage de l'impression.

Plusieurs moyens peuvent être adoptés pour atteindre ce but.

Dans son article déjà cité, M. Lemoyne propose d'arranger les lettres, sur le clavier et la roue des types, de manière à faciliter la transmission des combinaisons les plus fréquentes.

Cette méthode est assurément très-simple en théorie et pourrait donner des résultats satisfaisants lorsque l'appareil fonctionnerait sans intermittence ; mais lorsqu'il s'agirait de textes discontinus, comme les télégrammes, la vitesse de transmission diminuerait très-sensiblement ; des essais nombreux m'en ont fourni la certitude. Je n'ai jamais obtenu, par ce moyen, un bénéfice de plus de 15 p. 100, insuffisant pour justifier les difficultés que le déclassement des lettres introduirait fatalement dans la manipulation.

Un autre système, qui séduit également par sa sim-

plicité, consisterait à reporter sur la série paire de la roue des types, après y avoir supprimé huit ou dix des signes de ponctuation dont l'usage est à peu près nul, quelques-unes des lettres qui n'apparaissent qu'à de rares intervalles, et à les remplacer dans l'autre série par un nombre égal des lettres les plus usitées. Il suffirait, pour en faire l'application au mécanisme actuel, d'adapter à la roue des types la disposition qui permet, dans l'appareil russe, de passer des lettres aux chiffres sans déroulement du papier.

J'ai soumis ce système à de nombreuses épreuves comparatives, et je me suis ainsi assuré que le gain qu'il procurerait ne dépasserait pas 15 p. 100. Il n'y a pas lieu, du reste, d'en être surpris : en effet, du moment qu'il faudrait abaisser la touche blanche des chiffres une fois pour transmettre les lettres reportées sur la série paire, et deux fois pour passer des lettres aux chiffres et *vice versa*, on perdrait une notable partie du bénéfice que l'on est en droit d'attendre de la répétition des signaux prépondérants.

Ces systèmes écartés, il ne reste plus qu'une solution possible, à savoir un agrandissement du type actuel, qui permette de donner une double place aux lettres de premier ordre. Je vais exposer celle qui me paraît donner les meilleurs résultats dans cet ordre d'idées.

Pour conserver à l'appareil des dimensions pratiques, je ne prends que les sept lettres E, R, N, A, S, I, T, dont la dernière a encore sur la suivante une supériorité que fait nettement ressortir le classement donné au tableau n° 1. J'y ajoute le blanc qui, apparaissant après chaque mot, a, sans contredit, une importance hors ligne.

Pour déranger le moins possible l'ordre alphabétique, j'intercale ces signaux supplémentaires entre le T et le

blanc des chiffres ; de plus, je reporte entre l'E et l'F le blanc des lettres qui précède aujourd'hui la lettre A, de telle sorte que les deux touches blanches, qui produisent le même effet, facilitent la transmission des lettres que l'on retrouve le plus souvent au commencement et à la fin des mots : je montrerai plus loin que ce but est ainsi atteint.

La roue des types ne pourra contenir ces huit nouveaux signes que si son diamètre est agrandi dans le rapport de 9 à 7. Elle aurait 65 millim. de diamètre, et les divisions seraient disposées en deux séries dans l'ordre suivant :

A	1	L	,	É	7
B	2	M	;	N	8
C	3	N	:	R	9
D	4	O	?	S	0
E	5	P	!	T	—
Blanc des lettres.		Q	,	Blanc des lettres.	
F	6	R	1	Blanc des chiffres.	
G	7	S	2	U	=
H	8	T	3	V	+
I	9	A	4	X	( )
J	0	E	5	Y	»
K	.	I	6	Z	:

Avant tout, il importe de rechercher quel sera le bénéfice de cette disposition, dont j'ai assez parlé pour en faire comprendre le principe, et qu'il faudrait rejeter sans plus ample examen, si elle n'était pas justifiée par des résultats sérieux.

Pour trouver la solution rigoureusement exacte de ce

problème, il faudrait déterminer : 1° Le coefficient de fréquence des combinaisons *deux à deux*, de toutes les lettres; 2° Le coefficient de fréquence de chaque lettre prise isolément; 3° L'intervalle moyen qui sépare deux lettres consécutives dans la transmission par l'appareil Hughes.

Le calcul de la première moyenne serait long et fort pénible; j'ai jugé d'autant moins utile de l'entreprendre que mon but n'est pas d'arriver à une exactitude presque absolue, mais à des résultats comparatifs établis sur des bases sérieuses.

Mais il est essentiel de tenir compte du second coefficient, que j'ai déterminé comme il suit.

Les 9.531 mots que j'ai décomposés représentent 48.047 lettres. S'il fallait les transmettre par l'appareil Hughes, ils exigeraient 48.047 + 9.531 = 57.578 émissions de courant. En divisant par ce nombre chacun de ceux qui m'ont servi à classer les différentes lettres (voir *tableau* 1, col. 2), j'obtiens leurs coefficients de *fréquence électrique*.

Tableau du coefficient de fréquence de chaque lettre prise isolément.
(N° 2.)

LETTRES par ordre d'importance.	COEFFICIENTS de fréquence.	LETTRES par ordre d'importance.	COEFFICIENTS de fréquence.	LETTRES par ordre d'importance.	COEFFICIENTS de fréquence.
Blanc.	0,16553	O	0,04571	H	0,00997
E	0,12571	L	0,03977	F	0,00861
R	0,06749	D	0,03010	Q	0,00858
N	0,06178	C	0,02765	B	0,00815
A	0,06138	P	0,02643	X	0,00448
S	0,06096	M	0,02619	Y	0,00368
I	0,06009	É	0,02230	Z	0,00328
T	0,05608	V	0,01579	J	0,00311
U	0,04653	G	0,01579	K	0,00057

Il ressort de ce tableau que la fréquence moyenne de chacun des 8 premiers signaux est de $\frac{0,659}{8}$, et celle de chacun des 19 autres de $\frac{0,341}{19}$

L'espacement moyen de deux lettres consécutives dans la transmission dépend de l'intervalle minimum qui doit séparer deux émissions successives, c'est-à-dire du rapport des vitesses des axes d'impression et du chariot, et du nombre des divisions de la roue des types. Si celle-ci en contient 36, et si le chariot continue à tourner sept fois moins vite que l'arbre des cames, ce minimum sera de 36/7, soit 5 1/7. En admettant que le temps employé par le chariot pour parcourir 6/7 de division compense le petit arrêt dû au désembrayage de l'axe imprimeur, on pourra abaisser les touches de six en six. Ainsi, après avoir transmis la lettre A, la première touche que l'on pourra abaisser immédiatement après sera celle du G.

J'ai calculé, dans cette hypothèse, l'intervalle moyen qui sépare :

1° Un des signaux E, R, N, A, S, I, T, blanc des lettres, des 25 autres signes, et chacune des lettres simples, des signaux doublés que je viens d'énumérer;

2° Chacun des signaux simples pris deux à deux.

J'ai obtenu ainsi, pour premier résultat, 14,45, qui représente la moyenne des intervalles de toutes les combinaisons de deux lettres dans chacune desquelles entre un des signaux doublés;

Et pour le deuxième, 24,62.

Si l'on fait intervenir le coefficient de fréquence propre à chacune de ces catégories de combinaisons, on trouve que, sur mille, le nombre des intervalles 14,45 est de 659, et celui des intervalles 24,62, de 341, de sorte que

la moyenne générale est de

$$\frac{659 \times 14,45 + 341 \times 24,62}{1.000} = 17,92.$$

La probabilité du rendement par tour du chariot est donc égale à

$$\frac{36}{17,95} = 2 \text{ (en chiffres ronds).}$$

J'ai calculé, par la même méthode, la probabilité de vitesse que comporte le mécanisme tel qu'il est aujourd'hui en usage.

Les deux moyennes, que ce calcul statistique m'a fournies, sont dans ce cas exactement égales à 18,45. Ce qui indique clairement que l'ordre alphabétique, auquel on s'est tenu, ne favorise en aucune manière les combinaisons de lettres, deux à deux, les plus fréquentes.

On retrouve ainsi, par tour du chariot, la vitesse de $\frac{28}{18,45} = 1$ lettre 51/100, à laquelle on arrive en calculant l'intervalle moyen sans attribuer à certaines lettres une importance spéciale.

On voit déjà que la disposition projetée réalise, sans changer le rapport des vitesses des axes, un bénéfice de 49/100 de lettre par révolution du chariot *. Elle introduit encore deux modifications qui ne sont pas entrées en ligne de compte dans les calculs précédents, mais dont la pratique ferait certainement ressortir les avantages.

La première réside dans le choix de l'emplacement des deux blancs des lettres par rapport aux lettres qui com-

* Des essais faits sur plus de cent télégrammes ont pleinement confirmé ces résultats.

mencent ou terminent le plus souvent les mots, et qui sont, d'une part,

C, P, A, S, E, R, M, B, D, T,

et de l'autre,

E, S, T, A, N, R.

L'intervalle moyen du blanc aux premières est de 10,6, et aux secondes de 10; tandis qu'avec la seule touche *blanc* du clavier actuel, ces moyennes s'élèvent à 21,3 et à 15,1 *.

L'autre modification a plus d'importance; elle consiste en ce que chacun des chiffres figure deux fois dans la série paire de la roue des types; pour leur faire place, il suffit de supprimer trois des signes de ponctuation les moins usités. En séparant les deux groupes par six divisions, on transmettrait par tour du chariot au moins un chiffre de chacun d'eux. De là un bénéfice dont on ne saurait contester la valeur **.

Si l'on veut bien récapituler tous les avantages que je viens d'énumérer, ils paraîtront peut-être suffisants pour justifier tout au moins un essai des transformations dont ils découlent.

Mais si l'on ne craint pas d'entrer plus avant dans la voie des modifications, on peut obtenir un bénéfice plus considérable encore en diminuant la différence de vitesse des axes d'impression et de la roue des types. J'admets que le rapport de ces vitesses soit réduit de 7 à 6. Dans ces conditions, deux lettres consécutives devront être

* Si ce déplacement du blanc qui précède la lettre A devait apporter un trouble par trop considérable dans la manipulation, il faudrait renoncer au petit bénéfice qu'il procurerait et laisser ce blanc à sa place actuelle.

** La transmission moyenne des chiffres par tour du chariot serait de 2,4, tandis qu'elle est de 1,117 avec une seule série de ces signaux.

séparées par 7 divisions au moins (36/6 plus une division pour le retard produit par le désembrayage). Si je calcule, par la méthode que j'ai déjà employée deux fois, quel serait, dans cette hypothèse, le nombre probable des émissions de courant par tour du chariot, j'arrive au chiffre de 1,9; mais à égalité de vitesse du volant, je puis faire faire au chariot 117 tours à la minute, pendant qu'il n'effectuera que 100 tours avec le mécanisme actuel, et obtenir ainsi un rendement de 222 lettres par minute.

Je rapproche les résultats probables que donneraient les deux systèmes que je viens d'étudier, de ceux que fournit le type adopté jusqu'ici, pour 700 tours du volant à la minute.

Clavier actuel.......................... 151 lettres.
Clavier projeté, le rapport des vitesses des axes étant de { 1/7, 200 lettres. / 1/6, 222 lettres.
(Abstraction faite du gain qui doit résulter de la répétition des chiffres.)

L'une et l'autre de ces deux dernières dispositions réalisent donc un progrès notable par le simple développement du type primitif, dont elles n'altèrent en rien l'ingénieux mécanisme.

A vrai dire, c'est sur le clavier seul que porte toute la modification. Pour lui conserver les dimensions que l'expérience a définitivement consacrées, j'en disposerais les 36 touches sur trois lignes superposées, de telle sorte qu'elles fussent bien ramassées sous la main de l'opérateur. Je ne pense pas que, sous cette forme, il présente quelque difficulté d'exécution.

Avec la longueur actuelle de la lèvre du chariot, la durée du contact serait réduite à 0″,0357; si elle était trop courte, rien n'empêcherait de donner à la lèvre l'étendue de quatre divisions de la boîte des goujons, ce qui fournirait une émission égale à 0″,0476, bien suffi-

sante pour assurer le fonctionnement régulier des électro-aimants.

La limite supérieure d'action de la came correctrice serait abaissée de 1/56 à 1/72, puisque la roue correctrice devrait être armée de 36 dents. Mais, par contre, la correction serait plus fréquente, puisque le nombre moyen des lettres transmises par tour de cette roue serait de 2, ou de 1,90 suivant la disposition adoptée, au lieu de 1,51.

Quant à la manipulation, je ne puis méconnaître qu'elle nécessiterait une nouvelle étude et une aptitude spéciale, sans présenter cependant aucune difficulté de nature exceptionnelle; mais il ne faut pas perdre de vue que les appareils à grande vitesse n'ont de raison d'être que sur les lignes importantes; partant, qu'ils doivent toujours être confiés à des employés d'élite, capables d'en comprendre toutes les ressources, et de leur faire produire la somme de travail que laissent entrevoir des évaluations basées sur de consciencieuses recherches.

LE TÉLÉGRAPHE PNEUMATIQUE

PAR M. CH. BONTEMPS *.

Devis d'une exploitation. — Dans les conditions d'installation précédemment décrites, on part avec de l'air à la pression de $0^{m},45$ (mercure) et l'on arrive avec une pression de 1/4 d'atmosphère derrière le piston à l'extrémité de la ligne. Le voyage sur un kilomètre s'effectue en *une minute et demie.*

La dépense d'eau correspondante se calcule aisément. On trouve qu'elle est égale dans cette hypothèse aux 5/4 du volume de la ligne, soit $4^{mc},150$ environ par kilomètre parcouru.

L'eau étant payée à la ville à raison de $0^{f},068$ le mètre cube, la dépense d'un voyage est de $0^{f},068 \times 4^{mc},150 = 0^{f},282$ **.

Si l'on se reporte à la *fig.* 4, qui comprend *un réseau principal* P *et sept réseaux secondaires* A, B, C, D, E, F, G, desservant 33 bureaux au moyen de 39 sections de ligne, on trouve, en faisant le dénombrement des parcours, que leur nombre s'élève à :

P		A		B		C		D		E		F		G		
6	+	7	+	5	+	6	+	7	+	5	+	5	+	5	=	46.

Ce nombre 46, multiplié par $0^{f},282$, donne $12^{f},97$ pour la dépense d'un voyage complet sur toute l'étendue du réseau.

* Voir le numéro des *Annales* de novembre-décembre 1874.

** La dépense kilométrique au moyen de chevaux et voitures peut être évaluée à $0^{f},38$. La durée du trajet étant de cinq minutes au moins par kilomètre, on voit qu'il y a un gain notable au profit des tubes pneumatiques.

En admettant que le service soit prolongé chaque jour pendant 14 heures, à raison de 4 trains faisant un voyage complet par heure, on trouve que les 56 trains de la journée représentent une dépense d'eau de $12,97 \times 56 = 766^f,32$ par jour, soit une *dépense annuelle de* $279.676^f,80$.

Pour établir le bilan de l'entreprise de la distribution de dépêches, il faut ajouter à cette dépense *l'amortissement des frais de première installation, le loyer des stations, les frais d'entretien et le traitement du personnel.*

Frais de premier établissement. Canalisation d'une section de ligne, à 15.000 fr. par kilomètre, soit, pour 39 sections.	585.000 fr.
Installation d'un bureau, 15,000 fr., soit, pour 33 bureaux.	495.000
Ensemble.	1.080.000 (1)
L'amortissement, à raison de 10 p. 100 par an, représente.	108.000 (2)

Nous estimerons le *loyer annuel* d'une station à 3.500 francs.

Soit, pour 33 stations.	115.500 (3)

Les frais d'*entretien* et de *surveillance* sont largement comptés à 600 francs par an pour une section de ligne (y compris le matériel circulant), et 1.200 francs par an pour un bureau (y compris l'éclairage, le chauffage, les réparations et toutes les dépenses accessoires) :

Soit.	$600 \times 39 = 23.400$
	$1.200 \times 33 = 39.600$
Ensemble.	63.000 (4)

Le *personnel* de chaque bureau sera ainsi composé :

Un chef à 3.000 fr.	3.000 fr.
Deux employés à 2.000 fr.	4.000
Huit facteurs à 1.200 fr. (dont deux pour la manœuvre des appareils et six pour le port à domicile).	9.600
	16.600 fr.

Pour 33 bureaux. . . . . 16.600 × 33 = 547.800 (5)

Récapitulons les sommes (1) (2) (3) (4) (5) :

Eau.	279.676,80	(1)
Amortissement de l'installation.	108.000,00	(2)
Loyer des stations.	115.000,00	(3)
Entretien et surveillance.	63,000,00	(4)
Personnel.	547.800,00	(5)
	1.113.476,80	

Si nous ajoutons à cette somme 1/10 pour frais généraux et imprévus, nous arriverons à un chiffre de

$$1.113.476^f,80 + 112.347^f,68 = 1.225.824^f,48 \qquad \text{(A)}$$

pour la *dépense totale annuelle de l'exploitation.*

Voyons quel pourra être le *produit.* Admettons une moyenne de 15.000 dépêches échangées par jour, ce qui ne dépasse pas assurément la capacité du réseau, puisque répartition faite dans les 56 trains, cela donne $\frac{15.000}{56}$ ou 267 dépêches par train, pour tout le réseau; à raison de $0^f,25$ par dépêche, on obtient un produit annuel de

$$0,25 \times 15.000 \times 365 = 1.360.750 \text{ francs.} \qquad \text{(B)}$$

La comparaison des deux chiffres (A) et (B) fait ressortir un bénéfice de $132.925^f,52$; donc l'entreprise est viable.

Notre tâche ne se borne pas à cette démonstration; nous retiendrons dans les chiffres précédents la somme (1) $279.676^f,80$ qui représente la dépense d'eau annuelle, et nous nous demanderons s'il n'est pas possible de la réduire.

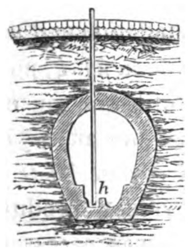
Utilisation du vide. — L'installation décrite à la *fig.* 21 suppose le réservoir d'eau au rez-de-chaussée de la maison; il existe dans cette disposition, entre l'orifice V'

du tuyau de vidange VV′ et le radier de l'égout dans lequel vont se perdre les eaux du réservoir, une différence de niveau variable, qui atteint en général de 4 à 8 mètres.

Si l'on se reporte à l'expérience de *Torricelli* dans laquelle le vide barométrique est obtenu en remplissant de mercure un tube, puis le retournant dans un vase également plein de mercure, on voit que la hauteur de $0^m,76$ de mercure qui fait équilibre à la pression atmosphérique est, dans le cas où le liquide employé se trouve de l'eau, de $10^m,33$. Par conséquent étant admis qu'on verse l'eau du réservoir A de la *fig.* 21 par un tuyau VV′ plongeant dans un puits de $10^m,33$ de profondeur, on fera le *vide* barométrique dans le réservoir. Si la profondeur du puits est par exemple de $5^m,16$ seulement, c'est-à-dire moitié moindre que dans le cas précédent, la pression de l'air qui rentrera par l'orifice V′ pour prendre la place de l'eau, sera de 1/2 atmosphère.

Dans cette expérience, il faut que la soupape T reste fermée pendant la vidange, afin que l'air ne puisse rentrer dans le réservoir A que par l'orifice V′. L'agencement du tuyau VV′ dans l'égout est très-simple. Il suffit d'envoyer l'extrémité *h* (*fig.* 31) dans une petite cuvette, pour rentrer dans les conditions de l'expérience de *Torricelli*.

Fig. 31.
Disposition du vide.
(Ligne).



Actuellement il est aisé de comprendre qu'ayant à sa disposition une capacité pleine d'air raréfié, à la pression de 1/2 atmosphère, on pourra mettre cette capacité en relation avec la ligne. Le piston et les boîtes seront aspirés et accompliront leur voyage par le jeu différentiel de la pression atmosphérique s'exerçant à l'arrière, et de la

contre-pression due à l'air raréfié qui existe à l'avant.

Les dimensions ordinaires de réservoir A et l'altitude de 4 à 8 mètres suffisent à une marche normale d'environ 4 à 600 mètres par minute.

L'effet d'aspiration du train est augmenté par l'enlèvement d'une partie de l'air du réservoir entraîné avec l'eau qui s'écoule. C'est le fonctionnement de la *trompe des forges catalanes.* Supposons une hauteur de chute de 5 mètres correspondant à $0^m,36$ de mercure, l'air sera raréfié dans le réservoir d'eau à la pression de $(0,76 - 0,36) = 0,40$. Admettons que le voyage s'effectue dans 2 minutes, en partant de la pression $0^m,40$ pour finir à la pression $0^m,69$. Le volume à donner au réservoir d'eau est déterminé par la formule

$$v \times 0,76 + 0,40x = 0,69x;$$
$$v^{(\text{ligne})} = 3^{mc},320,$$

d'où :

$$x = v \frac{0,76}{0,29} = 8^{mc},700.$$

Si la capacité est de $4^{mc},150$ (dimension normale), il faut qu'il y ait de l'air entraîné ; le volume de cet air à la pression atmosphérique, qui se trouve entraîné, est de

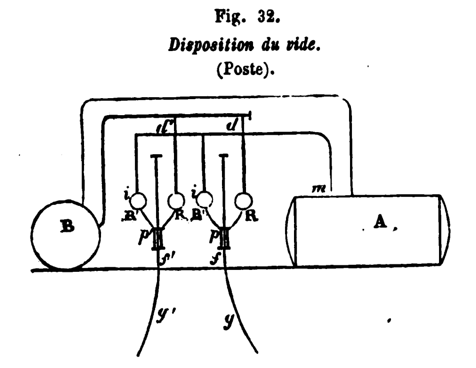
$$\frac{8^{mc},700 - 4^{mc},150}{0,76} \times 0,69 \quad \text{ou} \quad 4^{mc},13.$$

C'est donc un gain immédiat d'une installation et d'une dépense d'eau sur deux dans le système de la *fig.* 4, puisqu'un bureau, le n° 9, par exemple, utilisera son eau deux fois : 1° pour comprimer l'air nécessaire au voyage 9-8 ; 2° pour raréfier l'air suffisant au voyage 10-9 (la cuvée de l'opération précédente, en se vidant, produira cet effet). Dans ces conditions il ne sera pas nécessaire que les bureaux 10 et 6 soient pourvus d'appareils autres

que les appareils de réception et d'expédition, si le vide peut être installé aux stations 9, 7 et 8.

Il y a d'ailleurs très-peu à changer au type de la *fig.* 12.

Fig. 32.
Disposition du vide.
(Poste).



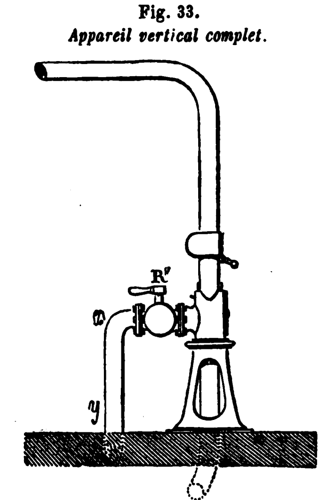
La *fig.* 32 indique la modification. Les tuyaux d'échappement sont réunis par un tuyau *dd'* et prolongés jusqu'au réservoir A. Les robinets R et R' ne sont plus conjugués, ils se manœuvrent séparément : R pour envoyer par la pression, R' pour recevoir par le vide. Suivant le sens de la marche des trains, ils alternent avec R_1 et R_1'.

Avec cette disposition, lorsque les appareils servent à la réception au moyen de l'air comprimé de la station antérieure, l'échappement de l'air se fait par l'une des portes P et P'. Il est préférable de conduire cet air à l'extérieur, en le dirigeant soit dans une cheminée, soit dans une cave. La *fig.* 33 représente un *appareil vertical* dans lequel, au moyen d'un tuyau *xy* fermé par le robinet R'', on fait échapper l'air qui est à l'avant du train dans le sous-sol du bureau.

Avec les appareils de *réception* et d'*expédition horizontaux*, on obtient toutes les permutations par les robinets T et T' des *fig.* 17 et 18. Ces robinets sont évidés et servent à mettre telle des lignes que l'on veut en rapport

avec le *vide* ou la *pression*. Les légendes expliquent suffisamment ces figures.

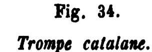
Fig. 33.
Appareil vertical complet.

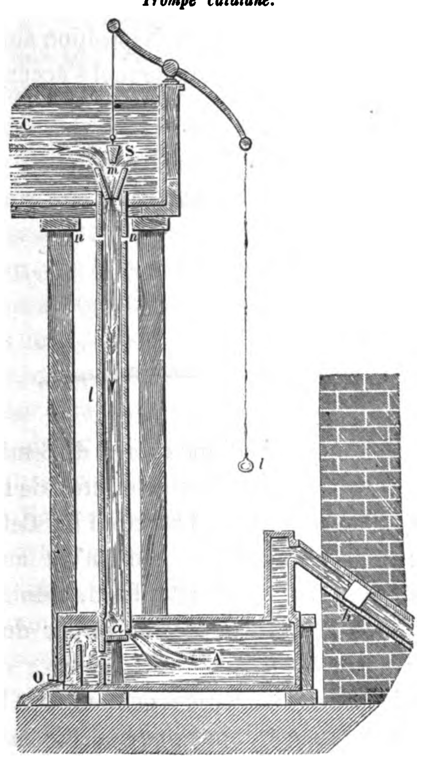


En résumé, si l'on adopte pour les stations *de deux en deux* ce mode d'installation sur tout le réseau, on arrivera à une économie de moitié sur le chiffre de 279.676f,80 représentant la *dépense annuelle d'eau* pour l'*exploitation*. Les frais d'établissement seront aussi diminués notablement. Le chiffre 495.000 fr. donné précédemment pour l'*installation* des 33 *postes* sera réduit d'*un tiers* au moins, ce qui produira un gain de 165,000 francs sur cette partie du devis.

Injecteur. — On peut améliorer le mode de compression d'air par déplacement décrit plus haut, en faisant servir une partie de la *force vive* du jet à *entraîner* de l'air puisé à l'atmosphère.

Cette application très-ancienne a été faite dans les hauts fourneaux qui travaillent par la méthode dite des *forges catalanes*. L'air destiné à alimenter le haut fourneau est fourni à la tuyère par un appareil fort simple qui porte le nom de *trompe*. Il se compose d'un arbre creux *l* (*fig.* 34) recevant l'eau d'un canal par l'ouverture S. Un appel d'air pendant la chute de l'eau est produit par les orifices *n*, *n*, et le mélange d'air et d'eau vient se rendre dans la caisse A, en se brisant sur la table *a*. Le départ s'effectue dans la caisse, l'eau sort par l'orifice *o*, et l'air passe par la tuyère *h*.


Fig. 34.
Trompe catalane.



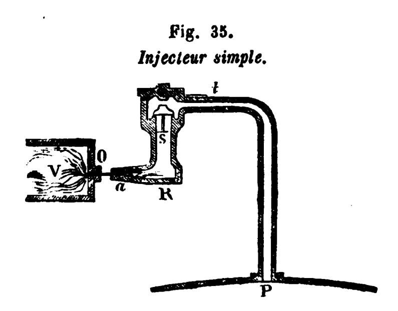
Le principe posé, il restait à combiner un appareil approprié au télégraphe pneumatique. Les résultats obtenus avec l'injecteur *Giffard* qui utilise la force vive de la vapeur en mouvement pour aspirer l'eau d'alimentation des chaudières, faisaient pressentir que l'on pouvait, par un effet analogue, entraîner de l'air avec de l'eau en mouvement.

Des expériences furent entreprises dans ce but au mois de mars 1868, par M. Worms de Romilly. Le ré-

sultat répondit aux prévisions; les expériences furent répétées au mois de décembre 1868 avec les réservoirs du télégraphe, et l'on adopta la disposition suivante :

Le récipient P (*fig.* 35), dans lequel s'accumulait l'air

Fig. 35.
Injecteur simple.



comprimé, se composait d'une cuve P de 8 mètres cubes de capacité; l'eau arrivait des conduites de la ville par l'ajutage O, pénétrait dans l'appareil R. Cet appareil, formé d'un tube conique divergent, n'est autre que la partie postérieure de l'injecteur Giffard, munie de la soupape de retenue S, qui s'oppose au retour de l'air comprimé dans le récipient P.

Les expériences ont été variées en modifiant le diamètre et la forme de l'ajutage O, ainsi que la distance *oa* du tube divergent. On a déterminé de cette façon les meilleures conditions d'installation pour un *rendement maximum.* Il a été constaté que l'on pouvait *entraîner* et *introduire* dans les réservoirs, avec de l'eau à la pression de 11 mètres, une quantité d'air atmosphérique égale à 0,465 * du volume de l'eau. Dans ces expériences la pression finale du réservoir était de $1^m,21$ de mercure.

Il est facile de se rendre compte de l'avantage réalisé

* Il est à remarquer que la majeure partie de l'air est entraînée au début de l'opération, alors que la pression dans le réservoir est peu élevée.

par l'adoption de ce système. Par le *déplacement simple*, on produit une quantité d'air, à la pression atmosphérique, *égale au volume de l'eau employée* (c'est le principe des appareils *fig.* 21). Par le *déplacement combiné avec l'entraînement*, on obtient un volume d'air égal à 1.465 (le volume de l'eau étant 1), ce qui correspond à une économie d'environ 32 p. 100. La conséquence de ce progrès, c'est qu'il faudra une quantité d'eau moindre pour desservir une ligne de capacité donnée; on pourra donc réduire les dimensions du réservoir.

Sous une autre forme, on peut dire encore qu'avec des réservoirs de la capacité primitive, on aura un excès d'air comprimé, qui pourra servir au voyage suivant ou être employé sur une deuxième ligne.

Il est vrai que le perfectionnement réalisé ci-dessus est en opposition avec l'utilisation du vide qui, dans les conditions ordinaires de l'installation, exige, pour faire effectuer un voyage complet au train, toute l'eau introduite par le procédé du déplacement. Si l'on veut employer concurremment les deux procédés dans les conditions les plus avantageuses, la combinaison suivante peut être adoptée.

La *fig.* 4 montre que la disposition donnée au réseau comprend des stations à 2, à 3, à 4 et à 5 directions. On appliquera l'utilisation du vide et le mode de *compression par le déplacement* seul aux stations à 2 directions et de *deux en deux*, ainsi qu'on l'a expliqué plus haut. On réservera l'usage des *injecteurs* aux stations à un plus grand nombre de directions, et l'on s'arrangera par exemple pour qu'un réservoir alimenté de cette façon desserve *deux* lignes par la *pression* et *une* ligne par le *vide*. Il est impossible de préciser davantage en cette

matière; les circonstances locales détermineront toujours la solution.

Il nous reste à indiquer la réalisation pratique du système de l'*injecteur* en donnant le dessin de l'appareil complet pour un poste, représenté *fig.* 36 et 37. P est le récipient dans lequel on comprime l'air. Il peut être alimenté par introduction directe de l'eau de la conduite A au moyen du robinet R. Lorsqu'on veut faire fonctionner l'injecteur, on ferme R et l'on ouvre le robinet *r*. Il permet à l'eau de passer de la conduite A, par le tube CCD, dans la boîte E qui divise l'eau se rendant aux tubes divergents TT. Sur la *fig.* 37 ces tubes sont au nombre de 6, afin de donner un débit en rapport avec la durée assignée au remplissage de la cuve.

GG sont des entretoises réunissant la boîte E à la boîte H qui reçoit l'eau et l'air entraîné. De la boîte H le mélange d'eau et d'air passe par la boîte à clapet I et le tuyau KK, dans le réservoir P. La boîte à clapet I est disposée comme dans la *fig.* 35; elle renferme la soupape de retenue S qui s'oppose au retour de l'air comprimé. Les entretoises GG servent à régler la position de la boîte E par rapport aux tuyères TT, afin d'obtenir le degré d'écartement qui donne le meilleur rendement. LL' est une boîte de prise d'air entourant la boîte E; elle sert en outre à recueillir l'eau projetée par les tuyères au moment de la mise en marche de l'appareil, et la conduit à l'égout par le tuyau M.

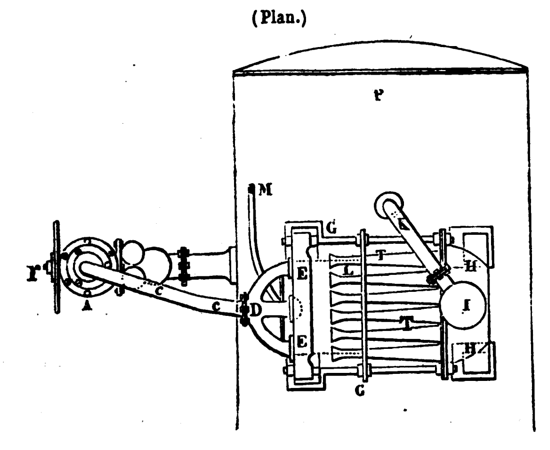
Comparaison des trois systèmes. — Si nous récapitulons les résultats acquis, nous voyons que la *dépense* d'un voyage d'un kilomètre s'évalue ainsi dans chacun des trois modes décrits :

Procédé du déplacement seul :

$$0^{f},068 \times 4^{mc},150 = 0^{f},282. \qquad (1)$$

Fig. 36.
Injecteur multiple.
(Élévation.)

Fig. 37.
Injecteur multiple
(Plan.)



Procédé de déplacement combiné avec l'utilisation du vide :

$$\frac{0^{f}.068 \times 4^{mc},150}{2} = 0^{f},141. \qquad (2)$$

Procédé de déplacement combiné avec l'entraînement :

$$0^{f},068 \times 4^{mc},150 \times (1 - 0,32) = 0,191. \qquad (3)$$

Le premier mode devra être abandonné ; on emploiera le second ou le troisième suivant les circonstances locales qui détermineront dans chaque cas les combinaisons les plus avantageuses.

Compression et raréfaction de l'air au moyen de pompes actionnées par des turbines. — Après ces diverses tentatives, on a abordé le mode d'utilisation de l'eau par des *turbines*. L'air comprimé ou raréfié est produit dans ce système au moyen de *pompes*. On a eu pour but dans cet essai de profiter de la propriété des *régulateurs*, afin de modérer la dépense d'eau suivant le travail à effectuer. On sait que la compression et la raréfaction dépensent un travail variable. Pour introduire un litre d'air dans un réservoir, il faut développer d'autant plus d'effort que la pression dans le réservoir est plus élevée. Inversement, le travail mécanique pour extraire un litre d'air d'un réservoir est d'autant plus grand que la pression dans le réservoir est plus basse.

C'est là une considération dont ne tiennent pas compte les procédés précédemment décrits. Au début comme à la fin de l'opération dans le procédé de *compression par déplacement*, c'est la même quantité d'eau qui est nécessaire pour introduire un litre d'air dans le réservoir ; c'est par conséquent le même travail moteur dépensé, bien que dans l'intervalle la résistance à vaincre ait été en croissant. L'*entraînement combiné avec le déplacement* com-

pense un peu cette perte de force, puisqu'il se produit surtout pendant la période des basses pressions du réservoir, mais la compensation ne se fait pas exactement. Dans l'*utilisation de la chûte pour faire le vide* et aspirer les dépêches, l'eau cède la place à l'air de la ligne; pour un litre d'eau qui tombe, la quantité d'air extraite de la ligne va en décroissant du commencement à la fin de la vidange *.

Le *régulateur* de la *turbine* obéit aux variations de vitesse du récepteur; il diminue ou augmente la section du conduit qui amène l'eau et produit dans la vitesse du moteur des variations correspondantes à celles des pompes.

Avec la turbine, le rendement en air comprimé ou dilaté peut atteindre environ 50 p. 100 (dont 0,70 pour les pompes et 0,72 pour la turbine). Traduisons ce résultat pour comparer la dépense du voyage dans ce système avec celle des trois systèmes précédents.

Cas de la compression. — Le voyage s'effectue avec de l'air qui a un excès de pression de $0^{m},45$ au départ, de $0^{m},19$ à la fin.

La capacité du réservoir d'air, pour une ligne de 1 kilomètre, est de $12^{mc},130$.

Pour élever $12^{mc},130$ d'air de la pression $(0,76+0,19)$ à la pression $(0,76+0,45)$, il faut y verser un cube d'air à la pression atmosphérique égal à $4^{mc},150$. Le travail nécessaire pour introduire ces $4^{mc},150$ dans le réservoir d'air à la pression moyenne $\frac{0,45+0,19}{2}=0,32$, au

* L'entraînement qui se produit aussi dans ce cas à l'extrémité du tuyau, croît du commencement à la fin. Ce travail supplémentaire tend à rétablir la proportion entre le travail moteur et le travail utile, la compensation, toutefois, demeure imparfaite.

moyen de pompes, est donné par le calcul. Lorsqu'on effectue ce calcul, on trouve pour la valeur du travail produit 14.911 kilogrammètres *.

Ce nombre représente le travail utile des pompes actionnées par la turbine; par suite, le rendement étant admis de 50 p. 100, cela suppose un travail moteur de $2 \times 14.911 = 29.822$ kilogrammètres et un volume d'eau à 11 mètres de pression de $\frac{29.822}{11} = 2^{mc},711$.

Tel est le chiffre qu'il nous faut multiplier par $0^f,068$, prix du mètre cube d'eau, pour avoir la dépense d'un voyage par compression dans le système de la turbine :

$$2^{mc}.711 \times 0^f,068 = 0^f,184. \qquad (4)$$

Nous avons trouvé :

Pour le cas du *déplacement seul*.	$0^f,282$ (1)	La hauteur de l'eau étant de 11 mètres.
Pour le cas du *déplacement combiné* avec *l'entraînement*.	$0^f,191$ (3)	

Rappelons que l'exploitation annuelle représente, à raison de 46 parcours par train et de 56 trains par jour, un total de 940.240 *kilomètres;* l'économie de (0,191 — 0,184) = $0^f,007$ par voyage donne un chiffre annuel de $6.581^f,60$.

C'est avec intention que nous n'avons pas comparé la *dépense de la turbine* $0^f,184$ (4) avec la dépense du *déplacement combiné avec l'utilisation du vide* $0^f,141$ (2). Dans ce dernier cas, en effet, le succès repose sur l'existence d'une chûte de 5 mètres au moins à partir du robinet de vidange du réservoir d'eau. C'est donc en réa-

* La formule qui donne le travail de la compression est

$$10330 \times 4,150 \times \text{Log}\,\frac{0,76 + 0,32}{0,76}.$$

lité une hauteur totale de 16 mètres qu'on a à sa disposition. Appliquant à une turbine disposée de façon à utiliser la chute entière, on trouve que le volume d'eau à 16 mètres donnant le travail de 29.822 kilogrammètres, n'est plus que de $\frac{29.822}{16} = 1^{mc},863$, et par suite le prix du voyage est réduit à

$$0^{f},068 \times 1^{mc},863 = 0,126 \qquad (4')$$

La turbine appliquée à la compression de l'air réalise donc l'économie annoncée.

Un autre avantage qu'elle présente sur les systèmes précédents, c'est qu'elle permet, avec des dimensions convenables données aux pompes et aux divers mécanismes, d'augmenter la pression initiale de l'air, et qu'elle fournit ainsi le moyen d'obtenir des vitesses de marche plus considérables. Avec de l'air à la pression de l'atmosphère effective au départ, on atteint la vitesse de 1 kilomètre par minute.

Cas de l'aspiration. — Nous avons supposé, dans le cas où le voyage s'effectue par aspiration, que l'on part avec de l'air à la pression de $0^{m},40$ pour arriver avec de l'air à la pression de $0^{m},69$. Dans ces conditions, le volume à donner au réservoir est de $8^{mc},5$. Ce réservoir étant originairement plein d'air à la pression atmosphérique, la quantité enlevée au moyen des pompes sera, à chaque coup de piston, égale à la capacité du corps de pompe (la pression étant celle du réservoir).

La pression moyenne du réservoir est de $\frac{0,76 + 0,40}{2} = 0,58$.

Pour abaisser la pression dans le réservoir de 0,76 à 0,40, il faut en extraire un cube d'air mesuré sous

la pression moyenne égal à $\left(8^{mc},7 \times \frac{0,76 - 0,40}{0,58}\right)$ *.

Le travail à effectuer par la pompe est la différence entre le travail de la pression atmosphérique égale à 0,76 et celui de la pression moyenne 0,58.

Il a pour mesure le produit du vol. $\left(8,7 \times \frac{0,76 - 0,40}{0,58}\right)$, par la différence (0,76 – 0,50), soit $0^{m},18$ convertie en mètres de hauteur d'eau, soit $2^{m},44$.

En effectuant le calcul, on trouve pour l'expression du travail utile de la turbine 13.176 kilogrammètres, ce qui correspond à un travail moteur double 26.252 kilogrammètres, soit à une quantité d'eau avec 16 mètres de chute égale à $\frac{26.252}{16} = 1^{mc},640$. Le prix d'un voyage, dans ces conditions, est de $1^{mc},640 \times 0^{f},068 = 0^{f},11$ (5).

Pompes. — On a préféré les pompes à eau afin d'atténuer les effets de l'échauffement sur les garnitures. Celles que représentent les *fig.* 38 et 39, Pl. 9, sont doubles : l'un des corps A fournit l'air comprimé, l'autre A_1 l'air raréfié ; cette inversion se produit par le jeu des clapets a, a', a_1, a'_1 d'aspirations et p, p', p_1, p'_1 de refoulement. Les soupapes p et p' conduisent l'air comprimé au réservoir qui le contient, les soupapes a_1, a'_1 puisent l'air atmosphérique dans le réservoir où l'on veut faire le vide. Les autres clapets a, a', p_1, p'_1 communiquent avec l'atmosphère.

Les pistons P et P_1 sont garnis de segments en bronze ; le mouvement alternatif leur est communiqué par le cadre *tuvx* solidaire des bielles *mnpq* liées à la transmission de la turbine.

* Ce volume est donné par la formule

$$0,58x + (8,7 \times 0,40) = (8,7 \times 0,76).$$

Ce système dessert un poste comme le n° 10 de la *fig.* 4 ; les dimensions sont telles que l'on fait l'air raréfié suffisant pour aspirer les dépêches sur la section 7—10 et l'air comprimé pour les refouler consécutivement dans les deux sections 10-9, 9-8.

La marche est de 22 coups par minute, les volumes respectifs A et A_1 de 38 et 31 litres.

Des tubulures non représentées sur la figure permettent l'alimentation facultative des pompes au moyen de robinets lorsque l'eau vient à manquer.

Turbines. — On a utilisé des turbines du type dit à *libre déviation*, c'est-à-dire dans lesquelles la veine liquide agit comme le ferait un filet isolé dont la vitesse d'entrée est due à la hauteur de la charge d'eau existant sur les orifices. Le nombre des orifices qu peuvent être alimentés est variable suivant le travail que doit fournir la machine ; il est déterminé à chaque instant par le jeu d'un régulateur à *force centrifuge* qui déplace un obturateur.

Nous donnerons une description de la *fig.* 40, Pl. 10. L'eau arrive dans la turbine par l'orifice O, se répand par les auges directrices M dans la roue motrice N, qui se met à tourner entraînant l'arbre *yz*. Avec une chûte de 12 mètres, une turbine du modèle ayant $0^m,600$ de diamètre, fait 245 tours par minute, et débite 49 litres par seconde lorsque 10 orifices sont alimentés (c'est le nombre maximum pour ce type). La vitesse de 245 tours par minute est réduite à celle de 22 tours que reçoit la bielle des pompes par les roues dentées et pignons successifs *a*, *b*, *c*, *d*. Sur la dernière roue *d* s'attachent les articulations *q* et *n* des bielles *pq* et *mn* des pompes.

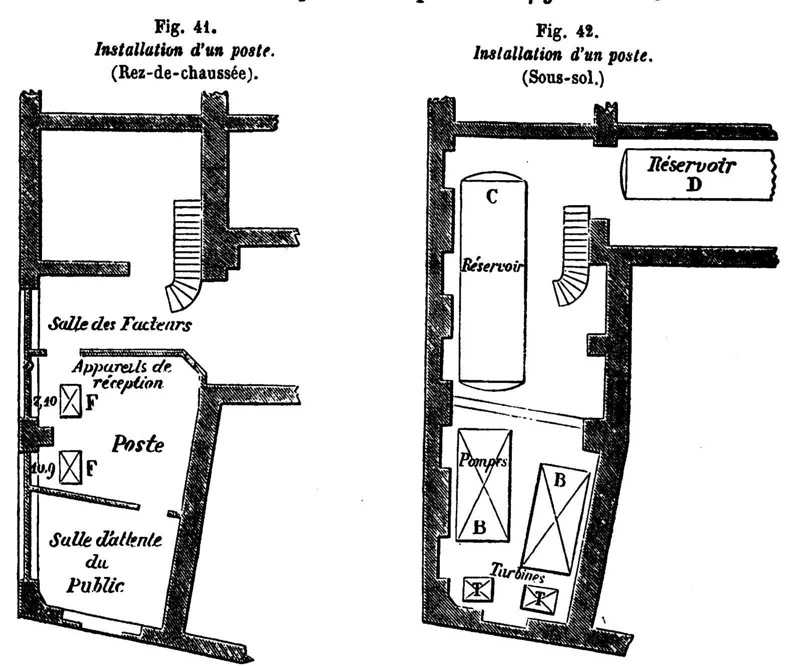
Le régulateur R, qui reçoit le mouvement par la roue *b*, obéit aux variations de vitesse et fait tourner dans un sens ou dans l'autre la roue *l* par l'intermédiaire des

deux roues d'angle alternantes *f* et *f'*. Le sens de la rotation de la roue *l* détermine l'avance ou le recul de la plaque de recouvrement *d*, qui ouvre un plus ou moins grand nombre d'orifices à l'éhappement de l'eau.

Installation d'un poste. — Après ces explications, il nous reste à grouper les éléments de l'installation pour donner l'idée d'un poste complet. Les *fig.* 41 et 42 re-

Fig. 41.
Installation d'un poste.
(Rez-de-chaussée).

Fig. 42.
Installation d'un poste.
(Sous-sol.)



présentent deux étages d'un local dans lequel fonctionne le mode de compression et de raréfaction par des turbines, pour desservir trois sections 7-10, 10-9 et 9-8. C'est le local du poste n° 10, *fig.* 4. Le sous-sol contient les turbines T, les pompes B et les réservoirs C et D de pression et de vide, avec les tuyaux de communication nécessaires.

Au rez-de-chaussée sont les appareils de réception E et F aboutissant aux lignes 7-10 et 10-9; l'air raréfié ou comprimé est amené par des tubulures spéciales.

Le dessin représente deux turbines et deux paires de pompes; on a eu en vue un service continu; les machines se suppléant, les réparations peuvent être effectuées sans interruption dans l'expédition des trains.

Enfin, pour reporter la manœuvre dans le poste même, des arbres de transmission commandent les robinets placés sur les conduites d'alimentation. Il suffit de fermer ou d'ouvrir ces robinets pour arrêter ou reprendre la fabrication de l'air comprimé ou raréfié, suivant les besoins de la consommation.

Emploi de la vapeur. — L'eau de l'Ourcq n'a pas, à Paris, la même pression dans tous les quartiers. Lorsqu'on s'élève à la hauteur du bassin de *la Villette*, alimenté par cette rivière, il faut renoncer à l'eau forcée, à moins qu'on ne prenne d'autres qualités (l'eau de la Seine, celle de la Dhuys, etc.) ; mais le prix est double, triple du prix de la première. Ici il n'y a pas à hésiter, il faut recourir aux machines à vapeur.

D'ailleurs, plus on s'éloigne du centre de la ville, plus on pénètre dans la région industrielle dans laquelle l'établissement de ces sortes de machines ne rencontre plus d'objection.

Nous avons fait ainsi un nouveau pas dans la voie de l'économie. Il est facile, en effet, de se convaincre que la dépense d'un voyage dans le système qui consiste à faire actionner les pompes de l'installation précédente par des machines à vapeur est notablement réduite. Partons toujours des données acquises; le travail nécessaire pour comprimer l'air qui fournit un voyage est de 14.911 kilogrammètres. L'intervalle supposé des

trains étant de 15 minutes ou de $15 \times 60 = 900$ secondes, le quotient $\frac{14.911}{900} = 16^{kgm},56$ représente le travail que doit fournir la machine par seconde. Or, l'unité, le *cheval-vapeur*, correspondant à 75 *kilogrammètres par seconde*, on voit, en divisant 16,56 par 75, que c'est 0,22 de cheval-vapeur que représente le travail utile à fournir par les pompes.

La proportion du travail utile au travail moteur, c'est-à-dire le rendement des pompes étant admis de 0,70, on trouve, en effectuant le quotient $\frac{0,22}{0,70} = 0,31$, qu'il faut environ 1/3 de cheval-vapeur pour fournir le travail de compression à l'air qui se dépense dans un voyage.

La dépense en charbon d'une machine à vapeur étant évaluée à raison de 3 kilogrammes par cheval et par heure, c'est pour 1/3 de cheval 1 kilogramme par heure et par quart d'heure, temps de marche pris pour type, 1/4 de kilogramme. Au prix de 45 francs la tonne, cela donne une dépense de $\frac{0,045}{4} = 0^f,012$ par voyage.

Mais la dépense du charbon n'est pas la seule d'une machine à feu, il faut un chauffeur, de l'eau d'alimentation, de l'huile; outre cela, il y a à tenir compte d'un entretien assez dispendieux. Lorsqu'on compare dans le devis d'une exploitation la proportion de la dépense du charbon à la dépense totale, on trouve un chiffre variant du 1/3 au 1/4. Prenons ce dernier nombre, et nous aurons dans le produit $0^f,012 \times 4 = 0^f,048$ (6), le terme de comparaison avec les chiffres cités plus haut, pour les dépenses, soit avec la turbine, soit avec le procédé de déplacement simple ou modifié *.

* Les calculs successifs que nous présentons pour évaluer la dépense

Retenant seulement le chiffre $0^{f},126$ ($4'$), qui s'applique au cas de la compression avec une turbine se mouvant sous une charge de 16 mètres, on reconnaît que la vapeur coûte 2,5 fois moins que l'eau d'Ourcq utilisée dans les meilleures conditions possible.

Pour avoir l'idée d'une installation de machine à vapeur, il suffit de se reporter aux *fig.* 41 et 42. On se rend aisément compte de la modification que comporte l'emploi de ces moteurs qui remplacent dans ces figures les deux turbines T et T'. Avec certaines dispositions de locaux on peut être conduit à placer la fabrication d'air comprimé dans un bâtiment voisin de celui où sont installés les appareils de réception et d'expédition. Une canalisation d'air comprimé et d'air raréfié relie les deux établissements.

(*A suivre.*)

d'exploitation ne tiennent pas compte du premier établissement; l'amortissement de cette dépense doit être fait cependant dans la balance générale de l'entreprise.

DES GRANDEURS ÉLECTRIQUES

ET DE LEUR MESURE EN UNITÉS ABSOLUES

PAR M. E. E. BLAVIER.

IV

MESURE DES GRANDEURS ÉLECTROSTATIQUES.

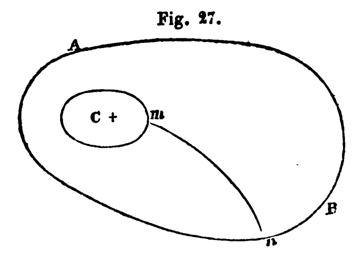
(Suite.)

Énergie électrique.

88. Un système de corps électrisés ne peut revenir à l'état neutre qu'à la suite d'un mouvement des fluides électriques et, par conséquent, d'un développement de travail produit par leurs forces attractives et répulsives ; le système contient donc une certaine quantité d'énergie qui est à l'état potentiel tant que l'équilibre électrique subsiste et qu'on peut évaluer.

On se rend aisément compte du travail que peut développer l'électricité répandue sur un corps conducteur par le raisonnement suivant :

Fig. 27.



Considérons (*fig.* 27) un corps électrisé C entouré

d'une enveloppe conductrice AB; soit V le potentiel du corps C et V' celui de l'enveloppe. Si Q est la quantité d'électricité que contient A, une quantité égale et de signe contraire $-Q$ est répandue sur la surface intérieure de l'enveloppe; en nommant S la capacité électrostatique qui correspond à la position respective de C et de l'enveloppe, on a : $Q = S(V - V')$, ou $Q = SV$ si V' est nul.

On a vu (nº 41) qu'une masse d'électricité égale à l'unité de quantité, en se transportant d'un point à un autre de l'espace, développe, sous l'influence des forces électriques, un travail mécanique numériquement égal à la différence des potentiels des deux points; en passant d'un point quelconque *m* du corps C à un point *n* de l'enveloppe, l'unité de masse électrique produit donc un travail égal à $V - V'$ quel que soit le chemin parcouru entre les points *m* et *n*. Si la masse électrique qui se meut de *m* à *n* est *q*, au lieu d'être l'unité de quantité, le travail développé est $q(V - V')$. Une masse égale d'électricité négative qui se transporterait de l'enveloppe au corps A développerait la même quantité de travail $-q(V' - V)$ ou $q(V - V')$. Lorsque l'enveloppe est en communication avec la terre, V' est nul et le travail de la masse *q* devient qV.

Supposons que le corps A se décharge peu à peu par des transports successifs de petites masses électriques passant du corps à l'enveloppe, que ces petites masses soient toutes égales à *q*, et qu'on ait $nq = Q$, *n* étant un nombre très-grand : le potentiel V du corps A, qui était primitivement égal à $\frac{Q}{S}$, deviendra successivement $\frac{Q - q}{S}$, $\frac{Q - 2q}{S}$, $\frac{Q - 3q}{S}$, etc. Quant au travail développé par les masses *q* pendant leur mouvement du corps C à l'en-

veloppe, il sera

$$\frac{Q-q}{S}\times q,\quad \frac{Q-2q}{S}\times q,\quad \frac{Q-3q}{S}\times q, \text{ etc.}$$

En faisant la somme on obtient pour le travail total

$$\frac{Q-\frac{nq}{2}}{S}\times nq,\quad \text{ou}\quad \frac{1}{2}\frac{Q^2}{S},$$

qu'on peut mettre sous la forme $\frac{1}{2}$VQ, ou encore $\frac{1}{2}$ V^2S, puisque Q = VS *.

89. Dans la *fig.* 27, le corps A peut représenter l'armature intérieure d'un condensateur dont l'armature extérieure est AB ou un corps isolé au milieu d'une enceinte plus ou moins éloignée.

L'énergie électrique d'un conducteur ou d'un condensateur, c'est-à-dire la quantité de travail ou de force vive qu'il développe quand on le décharge, est donc égale à la moitié du produit de sa charge par son potentiel.

Réciproquement pour charger le corps A au potentiel V par le transport de petites masses électriques de l'enveloppe à ce corps, il faudrait dépenser une quantité de travail égale à $\frac{1}{2}$ V^2Q.

Le résultat serait le même si le fluide négatif passait de l'enveloppe au corps C, ou si l'on admettait un double mouvement du fluide positif du corps et du fluide négatif de l'enveloppe.

On peut réaliser ce mode de décharge d'un condensateur au moyen d'une petite balle suspendue à un fil

* On arriverait au même résultat en supposant des masses q, q', etc. inégales, qui seraient chaque fois une même petite fraction de la charge du conducteur.

isolant mobile entre les deux armatures d'une bouteille de Leyde. La balle passe de l'une à l'autre armature en se chargeant et se déchargeant à chaque contact et décrivant une série d'oscillations; sa force vive se transforme en vibrations communiquées à l'air, aux armatures métalliques contre lesquelles elle vient butter et à l'axe de suspension, et ces vibrations se dissipent sous forme de son et de chaleur. Si l'on pouvait mesurer la force vive ainsi transformée, on trouverait qu'elle est équivalente à $\frac{1}{2}QV$.

Ordinairement on effectue la décharge d'un condensateur d'un seul coup au moyen d'un excitateur. Le fluide électrique s'écoule à peu près instantanément en produisant une étincelle et une détonation. Une partie de l'énergie électrique est employée à vaincre la résistance de l'air, à le mettre en vibration et à produire l'étincelle; l'autre partie échauffe les conducteurs en se transformant en chaleur, ou donne lieu à des effets mécaniques, physiques et chimiques, tels que la désagrégation des matières solides, la décomposition des substances salines, etc.

La chaleur développée par la décharge ne se distribue pas également dans l'étendue du trajet suivi par l'électricité; les parties du circuit qui offrent le plus de résistance au passage de l'électricité sont celles qui absorbent le plus de chaleur ou d'énergie. Lorsque le conducteur qu'on emploie pour opérer la décharge est un fil gros et court, l'étincelle est énergique et l'échauffement du conducteur est très-faible. Quand au contraire le fil est long et fin, l'étincelle est faible et le fil s'échauffe davantage. Il arrive même, lorsque le fil offre une très-grande résistance, que le travail absorbé par l'étincelle

est négligeable et que l'énergie électrique est employée presque entièrement à échauffer le fil, qui absorbe une quantité de chaleur équivalente à l'énergie du condensateur, c'est-à-dire à $\frac{1}{2}QV$, ou à $\frac{1}{2}\frac{Q^2}{S}$; elle est proportionnelle au carré de la charge, et pour une même charge en raison inverse de la capacité S, ainsi que M. Riess l'a trouvé par l'expérience.

90. Lorsque le champ électrique comprend un certain nombre de corps électrisés, le travail développé par les masses électriques pour passer d'un état donné à l'état neutre qui représente l'énergie totale est égal à la moitié de la somme des produits des charges des divers corps par leurs potentiels. Si Q, Q', Q'', etc., sont les charges des corps, V, V', V'', etc., les potentiels, l'énergie W du système est :

$$W = \frac{1}{2}(QV + Q'V' + Q''V'' + \dots).$$

On trouve cette formule en supposant un petit déplacement des masses électriques, et en considérant le travail effectué par chacune d'elles sous l'influence des forces auxquelles elle est soumise. On peut aussi y arriver par un raisonnement analogue au précédent, en supposant que l'on décharge peu à peu le système en enlevant en chaque point de petites quantités d'électricité proportionnelles à la densité de façon que le potentiel décroisse partout suivant la même loi *.

* On donne souvent le nom de *fonction potentielle* à la fonction $V = \sum \frac{q}{r}$ et celui de *potentiel d'un système sur lui-même* tantôt au produit $\sum Vq$ de chaque masse par son potentiel, tantôt à la moitié de ce produit $\frac{1}{2}\sum Vq$. Il nous paraît préférable de conserver le nom de poten-

Lorsqu'un corps est resté isolé pendant la charge, il ne peut être électrisé que par influence et contient des quantités égales des deux fluides contraires. La charge Q est nulle et par suite le terme correspondant dans l'expression de l'énergie est nul. Il en est de même pour un corps en communication avec la terre, puisque son potentiel V est égal à zéro.

Quand, par suite d'une circonstance quelconque, la situation électrique des corps est modifiée, ce qui arrive s'ils sont déplacés ou si l'on met en communication quelques-uns d'entre eux, il s'établit un nouvel état d'équilibre auquel correspond une nouvelle quantité d'énergie W_1. Les charges des corps devenant Q_1, Q'_1, Q''_1, et les potentiels V_1, V'_1, V''_1, la valeur de W_1 est

$$W_1 = \frac{1}{2}(Q_1V_1 + Q'_1V'_1 + Q''_1V''_1 \ldots)$$

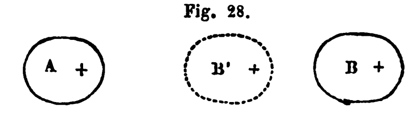
Si W est plus grand que W_1, une certaine quantité d'énergie s'est perdue et a dû se transformer en chaleur absorbée par les fils conducteurs ou en travail dépensé pour faire mouvoir les corps électrisés. Dans le cas contraire, c'est-à-dire si W_1 est plus grand que W, il y a accroissement d'énergie électrique, accroissement auquel doit correspondre, en vertu du principe de la conservation de la force, la disparition d'une quantité équivalente de chaleur ou de travail, empruntée aux forces de la nature par l'intermédiaire de machines, de la

tiel électrique, ainsi que la plupart des électriciens en ont pris l'habitude depuis quelque temps, et que nous l'avons fait jusqu'ici, à la somme de rapports $\frac{q}{r}$, ou V, qui se rapporte à un état spécial de l'électricité, et d'affecter à la somme des produits $\frac{1}{2}Vq$ la désignation d'énergie potentielle d'un système électrisé.

force musculaire, de combinaisons chimiques comme dans les piles, etc.

91. Soient, par exemple, deux corps A et B (*fig.* 28)

Fig. 28.



électrisés positivement, et qui contiennent des quantités d'électricité Q et Q' aux potentiels V et V' : ils possèdent ensemble une énergie électrique W égale à $\frac{1}{2}(QV + Q'V')$. Pour rapprocher le corps B de A et l'amener en B', on est obligé de vaincre la répulsion des fluides positifs et de développer un certain travail, qui doit se retrouver à l'état potentiel sous forme d'une augmentation d'énergie électrique, et en effet, par suite de ce rapprochement, les potentiels des deux corps A et B augmentent; V_1 et V_1' étant leurs nouvelles valeurs, l'énergie devient $W_1 = \frac{1}{2}(QV_1 + Q'V_1')$. La différence $W_1 - W$ est égale au travail qu'il a fallu dépenser pour amener le corps B en B',

$$W_1 - W = \frac{1}{2}[Q(V_1 - V) + Q'(V'_1 - V')].$$

Concevons encore deux sphères dont une seule, de rayon R, est électrisée et contient une quantité Q d'électricité au potentiel V, l'autre, de rayon *r*, étant à l'état neutre et située à une assez grande distance pour ne pas être influencée par la première. La quantité totale d'énergie est $W = \frac{1}{2}QV$, ou $W = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{R}$, puisque la capacité électrostatique de la sphère est égale au rayon R.

On met les deux sphères en communication au moyen d'un long fil conducteur ; la charge se répartit sur les deux sphères, et l'énergie électrique devient $W_1 = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{R+r}$.

La perte d'énergie est

$$W - W_1 = \frac{1}{2}\frac{rQ^2}{R(R+r)}.$$

Le travail correspondant à cette perte est équivalent à la chaleur absorbée par le conducteur pendant le passage de l'électricité.

92. L'énergie d'un système électrisé ne dépend donc pas seulement de la quantité de fluide libre qu'il contient, mais du produit des masses électriques par leur potentiels.

Dans l'exemple de la *fig.* 28, un travail extérieur augmente l'énergie électrique sans que la quantité totale de fluide libre répandu sur les deux corps A et B soit changée; dans celui des deux sphères, au contraire, un certain travail ou son équivalent en chaleur est produit sans diminution de la quantité d'électricité libre.

Quelquefois, il est vrai, les fluides électriques semblent disparaître, c'est ce qui arrive quand on réunit deux conducteurs ayant des charges égales et de signe contraire, mais la disparition n'est qu'apparente ; les effets des deux fluides sont seulement neutralisés, ou, dans l'hypothèse d'un seul fluide, il est ramené à un état normal qui constitue l'état neutre.

En somme, l'électricité se comporte comme une masse pesante qui, en tombant d'un niveau supérieur à un niveau inférieur, développe une quantité de travail égale au produit de la masse par la différence des niveaux, ou

encore comme un gaz comprimé ou dilaté qui revient à sa pression normale en produisant un travail.

Le coefficient $\frac{1}{2}$, qui se trouve devant le produit VQ pour représenter l'énergie d'un corps électrisé, tient à ce que l'électricité s'écoulant à la façon d'un fluide, pendant la première partie du mouvement le potentiel est supérieur à $\frac{1}{2}$V et lui est inférieur pendant la seconde partie; de même que pour avoir le travail produit par une masse d'eau s'écoulant d'un cylindre on multiplie la masse totale par le niveau moyen.

C'est donc à tort qu'on emploie souvent les expressions *transformation de la chaleur ou du travail en électricité*, ou réciproquement *transformation de l'électricité en chaleur ou en travail.*

Il n'existe pas en réalité d'équivalent mécanique pour la quantité d'électricité, comme il en existe pour la chaleur; son rôle consiste seulement à emmagasiner la force vive. Le travail ou la chaleur ne se transforment pas plus en électricité qu'ils ne se transforment en gaz ou bien en corps solide, quand on comprime le premier ou qu'on élève le second à une certaine hauteur.

Quant au produit de la quantité par le potentiel, il est équivalent à un travail et la moitié de ce produit donne en unités absolues la valeur de cet équivalent, qu'on peut transformer en unités ordinaires, kilogrammètres ou calories.

Résultats et applications numériques.

93. *Potentiel des piles voltaïques.* — Pour résoudre les problèmes d'électricité statique, il est nécessaire de

connaître en unités électrostatiques absolues la valeur du potentiel de la source électrique dont on fait usage.

La différence des potentiels aux deux pôles d'un élément Daniell, ou le potentiel du pôle positif lorsque le pôle négatif est à la terre, a été déterminée avec soin au moyen de l'électromètre absolu de M. Thomson par plusieurs physiciens qui ont trouvé, en admettant pour unité de longueur le centimètre, pour unité de masse celle du gramme et pour unité de temps la seconde, le chiffre 0,00374 *.

En adoptant, comme nous l'avons fait jusqu'ici, le mètre pour unité de longueur, le potentiel d'un élément Daniell est 0,000374 **.

Le potentiel d'une pile étant d'ailleurs proportionnel au nombre des éléments dont elle est composée, celui d'une pile de 10 éléments Daniell est 0,00374, celui d'une pile de 1.000 éléments 0,374, etc.

Quant aux autres piles, le potentiel de chaque élément est égal à celui d'un élément Daniell, 0,000374, multiplié par le chiffre qui représente sa force électromotrice par rapport à celle de l'élément Daniell, rapport qu'on détermine soit au moyen d'un électromètre, soit par des procédés galvanométriques ***. Pour l'élément Grove ou Bunsen, la force électromotrice est égale à celle d'un élément Daniell multipliée par 1,80. Le potentiel est donc

* Voir : *Reprint of papers on Electricity and Magnetism by sir William Thomson*, et *Electricity and Magnetism by Fleeming Jenkin*.

** Les dimensions du potentiel étant $V = \frac{L^{\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}}{T}$ (n° 48), l'unité devient 10 fois plus grande lorsque l'unité fondamentale de longueur, L, augmente dans le rapport de 1 à 100, et par suite le nombre qui représente une grandeur déterminée devient 10 fois plus petit.

*** Ce rapport pour les diverses piles usuelles se trouve dans tous les traités de physique.

$1,80 \times 0,000374$ ou $0,006732$. Pour l'élément à sulfate de mercure de M. Marié Davy, la force électromotrice $= 1,40$ Daniell et le potentiel $= 0,000524$.

94. L'attraction qu'exercent l'un sur l'autre deux disques plans parallèles situés à une distance d l'un de l'autre et en communication avec les deux pôles d'une pile dont le potentiel est V, est donnée en unités absolues de force, pour une surface A par la formule $\frac{AV^2}{8\pi d^2}$ (n°s 70 et 85). Si la pile est composée de 1.000 éléments Daniell, l'attraction par décimètre carré pour deux disques distants de 1 millimètre sera : $\frac{0,01\,(0,374)^2}{8.\pi\,(0,001)^2} = 56$ unités absolues de force, ou $5^{gr},7$.

95. Une petite sphère de 1 centimètre de diamètre, électrisée par une pile de 1.000 éléments Daniell, contiendrait une quantité d'électricité égale, à $0,005 \times \times 0,374 = 0,00187$ unités de quantité*; la répulsion qu'elle exercerait sur une autre petite sphère, ayant une charge égale, et située à 1 décimètre de distance, serait $\frac{(0,00187)^2}{(0,10)^2} = 0,00035$ unités absolues de force, ou $0^{gr},000036$.

Un condensateur à air de 1 mètre carré d'étendue, et dont les armatures sont distantes de 1 millimètre, a pour capacité électrostatique $S = \frac{1}{4\pi \times 0,001}$; chargé par une pile de 1.000 éléments Daniell, il contiendrait une quantité d'électricité égale à $\frac{0,374}{4\pi \times 0,001} = = 29,9$ unités.

* La quantité d'électricité que contient la sphère est égale au produit VS du potentiel V par la capacité S, qui est égale au rayon.

Supposons encore qu'on charge avec une pile de 10 éléments Daniell un câble sous-marin tel que le câble transatlantique français dont la capacité électro-statique par kilomètre est 1.523 (n° 64) : sa charge par kilomètre sera $1523 \times 0,00374 = 5,70$, et la charge totale du câble, dont la longueur est d'environ 4.000 kilomètres, sera 22.800.

Cette charge concentrée en un point repousserait une charge égale située à 10 mètres de distance avec une force absolue égale à $\frac{(22.800)^2}{100} = 5.198.400$, soit environ 520 kilogrammes, et la même charge à un mètre de distance avec une force de 52.000 kilogrammes !

96. *Potentiel des machines électriques.* — Le potentiel que peut développer une machine électrique dépend de sa forme, de la force mise en jeu, de l'isolement plus ou moins grand des conducteurs, et enfin de l'état hygrométrique de l'air ambiant.

Suivant M. Thomson, les bonnes machines à frottement, qui donnent des étincelles de 3 décimètres de longueur, ont un potentiel correspondant à peu près à celui d'une pile de 80 à 100.000 éléments Daniell. En prenant 80.000 on est conduit, pour la valeur absolue du potentiel développé, à $80.000 \times 0,000374$ ou 29,92, soit à peu près 30 unités. Ce chiffre peut être dépassé avec certaines machines, mais on peut l'admettre comme représentant approximativement le potentiel que l'on obtient dans les expériences de cabinet avec les machines dont on fait habituellement usage pour charger les batteries électriques.

Deux disques plans situés à 1 millimètre de distance et dont l'un serait électrisé à ce potentiel, tandis que l'autre serait relié à la terre, s'attireraient avec une force

qui, par décimètre carré, serait égale à $\frac{0,01 (30)^2}{8\pi \times (0,001)^2} =$ $= 360.000$ unités absolues ou 36.700 grammes. Par centimètre carré cette force serait 367 grammes.

Si les deux disques sont séparés par une lame de verre, dont le pouvoir inducteur spécifique est 1,80, la charge des disques augmente dans le rapport de 1,80 à 1, et leur attraction par centimètre carré devient 660 grammes. Chacune des faces de la lame de verre est donc soumise, en sus de la pression atmosphérique qui est de 1 kilogramme par centimètre carré, à une pression de 660 grammes. Pour une épaisseur de verre de 2 millimètres, la pression électrique serait réduite au quart, c'est-à-dire à 185 grammes.

97. La charge d'une sphère isolée de 1 centimètre de diamètre électrisée au potentiel 30 serait $0,005 \times 30 = 0,15$ unités. La densité de l'électricité à la surface serait $\frac{0,15}{4\pi (0,005)^2} = 477$.

Enfin la pression contre l'air atmosphérique ($\psi = 2\pi\delta^2$) serait, par mètre carré, 1.428.880 unités de force ou 145.700 grammes; par centimètre carré, elle serait $14^{gr},57$ *.

Lorsque le rayon de la sphère diminue la pression augmente; elle serait égale à la pression atmosphérique si le rayon r était tel que $\frac{30}{r} = 50.000$ (n° 84), d'où $r = 0^{mm},6$.

Ainsi avec un rayon de $\frac{6}{10}$ de millimètre, une petite

* Si la sphère était extensible, comme le serait par exemple une bulle de savon, son diamètre augmenterait jusqu'à ce que l'équilibre s'établisse de nouveau entre la pression intérieure, la pression atmosphérique extérieure diminuée de la pression électrique, et la force moléculaire.

sphère ne pourrait conserver de l'électricité au potentiel 30.

Le rayon minimum de la sphère qui pourrait être électrisée par une pile Daniell de 100 éléments, c'est-à-dire au potentiel 0,0374, est $r = \frac{0,0374}{50.000}$ mètres $= 0^{mm},00075$.

On comprend par là comment les pointes métalliques ne laissent pas échapper l'électricité des piles voltaïques tandis qu'elles ne peuvent conserver l'électricité à un haut potentiel des machines électriques.

98. Une batterie électrique formée de vases en verre de 2 millimètres d'épaisseur et dont la surface totale est A a une capacité électrostatique égale à $\frac{A}{4\pi \times 0,002} \times 1,80$: chargée au potentiel 30, elle contiendrait une quantité d'électricité égale à $\frac{A \times 30}{4\pi \times 0,002} \times 1,80$. Si la batterie est formée de 10 jarres ayant chacune $0^m,50$ de hauteur et $0^m,20$ de diamètre, $A = 10 \times \pi \times 0,20 \times 0,50$ et la charge est 225 unités.

On vient de voir (n° 95) que le câble transatlantique français, chargé par une pile de 10 éléments Daniell, prend une charge égale à 22.800 unités; pour avoir la même charge avec une batterie électrisée par une machine électrique développant un potentiel 30, il faudrait donner à cette batterie une étendue A telle que $\frac{A \times 30}{4\pi \times 0,002} \times 1,80 = 22.800$, d'où $A = 10$ mètres carrés. Le câble chargé avec 10 éléments Daniell contient donc autant d'électricité qu'une batterie de 32 vases de $0^m,50$ de hauteur et $0^m,20$ de diamètre électrisée avec une forte machine de cabinet.

99. *Énergie d'un condensateur.* — L'énergie d'un con-

densateur est exprimée en unités absolues de travail par $\frac{1}{2}QV$, $\frac{1}{2}\frac{Q^2}{S}$, ou enfin $\frac{1}{2}V^2S$. S étant sa capacité électro-statique, Q sa charge et V la différence de potentiel des deux armatures.

L'unité absolue de travail est égale à 1 kilogrammètre divisé par 1.000 g ou par 9.809, et elle est équivalente à une calorie divisée par 4.168.800 *. L'énergie d'un condensateur en unités usuelles peut donc être représentée par

$$\frac{1}{2}V^2S \times \frac{1}{9.809} \text{ kilogrammètres.}$$

ou

$$\frac{1}{2}V^2S \times \frac{1}{4168800} \text{ calories.}$$

Une batterie électrique de forme ordinaire a pour capacité $S = \frac{Ac}{4\pi d}$, A étant l'étendue des armatures, d leur distance et c le pouvoir inducteur de la matière qui les sépare.

Si la batterie est composée de n jarres ayant chacune pour hauteur a et pour diamètre b,

$$A = n\pi ab, \quad \text{et} \quad S = \frac{nab \times c}{4d}.$$

L'énergie d'une batterie dont l'armature extérieure serait en communication avec la terre et l'armature intérieure avec une source au potentiel V, est donc

$$V^2\frac{nab \times c}{8d} \times \frac{1}{9.809} \text{ kilogrammètres}$$

ou

$$V^2\frac{nab \times c}{8d} \times \frac{1}{4168400} \text{ calories.}$$

* En admettant 425 pour l'équivalent mécanique de la chaleur (n°s 27 et 29).

Les jarres sont ordinairement en verre de 2 millimètres d'épaisseur et le pouvoir spécifique inducteur $c = 1{,}80$. Quant au potentiel V, développé par la machine électrique, nous admettrons encore le chiffre 30. En substituant ces valeurs, on trouve :

1° Pour l'énergie X de la batterie exprimée en kilogrammètres,

$$X = \frac{nab \times \overline{30}^2 \times 0{,}80}{8 \times 0{,}002 \times 9.809} = nab \times 10{,}322 \text{ kilogrammètres.}$$

2° Pour l'énergie Y exprimée en calories,

$$Y = \frac{nab \times \overline{30}^2 \times 1{,}80}{8 \times 0{,}002 \times 4168800} = nab \times 0{,}0242 \text{ calories.}$$

Avec une petite bouteille de Leyde de $0^m{,}20$ de hauteur et $0^m{,}12$ de diamètre, on aurait :

$$X = 0{,}247 \text{ kilogrammètres,}$$
$$Y = 0{,}00058 \text{ calories.}$$

Avec une grande batterie composée de 10 jarres de 50 centimètres de hauteur et de 15 centimètres de diamètre :

$$X = 7{,}74 \text{ kilogrammètres,}$$
$$Y = 0^m{,}0182 \text{ calories.}$$

Ainsi, pour charger complétement la batterie, il faut dépenser un travail équivalent à 7,74 kilogrammètres, c'est-à-dire correspondant à 1 kilogramme élevé à $7^m{,}74$ de hauteur.

La résistance à vaincre augmente d'ailleurs à mesure que la charge s'accroît, car l'énergie de la batterie, $\frac{1}{2}\frac{Q^2}{S}$, est proportionnelle au carré de la charge, de sorte que pour une demi-charge le travail à développer est



$\frac{1}{4}$ de $7^{km},74$, et pour passer de la demi-charge à la charge entière, il est $\frac{3}{4}$ de $7^{km},74$.

100. Quand on décharge la batterie, l'énergie se transforme en force vive, en chaleur ou en travail.

Sur le système nerveux, la décharge de la batterie de 10 jarres doit produire l'effet du choc d'une masse dure, pesant 1 kilogramme, et qui tomberait de plus de 7 mètres de hauteur; on ne doit donc pas s'étonner de son effet foudroyant sur les animaux.

Lorsque la décharge a lieu à travers un fil fin, l'énergie se transforme à peu près complétement en chaleur qui est absorbée par le fil et l'échauffe. Cette quantité de chaleur est égale à 0,0182 calories, elle élèverait de 1° centigrade $0^{k},0182$ d'eau, ou élèverait de 18°,2 la température d'un gramme d'eau.

Supposons le fil conducteur, formé d'un petit fil de fer de 2/10 de millimètre de diamètre et de 1 mètre de longueur, dont le volume est 0,0314 centimètres cubes et le poids $0^{gr},2512$: la chaleur spécifique du fer, ou la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1° centigrade 1 kilogramme de fer, étant $0^{cal},114$, le petit fil de fer sera porté par la décharge instantanée de la batterie à une température de $\frac{18,2}{0,2512 \times 0,114}$ ou de 635° centigrades *.

Le fer fond à 1.500°; si l'on veut avoir la longueur l du fil qui pourrait être fondu par la décharge de la batterie on posera : $l \times 1.500 = 635$, d'où l'on tire $l = 0^{m},42$.

Ainsi la décharge d'une batterie de 10 jarres électri-

* Il n'y a pas de déperdition de chaleur par l'air à cause de l'instantanéité de la décharge.

sées par une bonne machine de cabinet peut fondre complétement un fil de fer de 2 millimètres de diamètre et qui aurait 42 centimètres de longueur.

On a vu plus haut qu'un câble sous-marin tel que le câble transatlantique français, isolé à l'une de ses extrémités et mis en communication avec une faible pile voltaïque, de 10 éléments Daniell, contient une quantité relativement très-grande d'électricité, qui peut être évaluée à 22.800 unités, mais en raison de la faiblesse du potentiel de la source, l'énergie de cette charge est très-faible. En effet, la pile de 10 éléments Daniell ayant pour potentiel 0,00374, l'énergie de la charge en unités absolues est $\frac{0,00374 \times 22.800}{2} = 42,5$, ou en kilogrammètres $0^{km},0043$. Ce serait l'énergie d'une petite bouteille de Leyde électrisée au potentiel 30 par une machine ordinaire et qui aurait pour surface 12 centimètres carrés.

(*A suivre.*)

SUR LES DÉRIVATIONS DU COURANT
LE LONG DES LIGNES ÉLECTRIQUES

PAR M. JULES RAYNAUD,

(Suite et fin.) *

Isolement par unité de longueur. — Supposons que l'on mesure la résistance de la ligne, quand son extrémité est à la terre, puis isolée, et soient w et W les résistances trouvées : en négligeant la résistance de la pile, on a

$$I_0 = \frac{E}{w}, \quad I'_0 = \frac{E}{W}.$$

Remplaçant I_0 et I'_0 par leurs valeurs données par les relations φ et φ' (tome I, pages 229 et 231), on tire

$$w = \frac{E}{I_0} = \frac{m}{k\omega} \frac{e^{\frac{l}{m}} - e^{-\frac{l}{m}}}{e^{\frac{l}{m}} + e^{-\frac{l}{m}}} \ldots \qquad (\psi)$$

$$W = \frac{E}{I'_0} = \frac{m}{k\omega} \frac{e^{\frac{l}{m}} + e^{-\frac{l}{m}}}{e^{\frac{l}{m}} - e^{-\frac{l}{m}}} \ldots \qquad (\psi')$$

Multipliant ces deux équations membre à membre, il vient

$$wW = \frac{m^2}{k^2 w^2}.$$

Or, on a posé au début $m^2 = \dfrac{k\omega}{bc}$.

* Voir tome I, page 225.

Donc

$$\frac{1}{bc} = \frac{m^2}{k\omega} = (w \cdot k\omega) W :$$

$\frac{1}{bc}$ est évidemment la résistance d'isolement de l'unité de longueur du conducteur défini par k et ω, dans le milieu dont b est le coefficient de déperdition : appelons i cette résistance. Appelons r la résistance du conducteur par unité de longueur, on aura $r = \frac{1}{k\omega}$.

La relation précédente devient alors

$$i = m^2 r = \frac{w}{r} W.$$

Si l'on a $k = 1$, $\omega = 1$ et par suite $r = 1$, c'est-à-dire si l'on prend pour unité la résistance de l'unité de longueur du conducteur, et si w et W sont exprimés en fonction de cette unité (tel sera le cas d'une ligne aérienne en fil de fer de 4 millimètres, si les rhéostats employés sont étalonnés en kilomètres), m^2 représentera la résistance i d'isolement par unité de longueur, et l'on obtiendra la valeur de cette résistance en multipliant l'une par l'autre les résistances mesurées en mettant la ligne à la terre et en l'isolant.

La valeur de i sera facile à calculer quand on connaîtra r, c'est-à-dire la résistance de l'unité de longueur du conducteur parfaitement isolé.

Si r n'est pas connu, et qu'on ait seulement la longueur de la ligne, la relation $wW = m^2 r^2$ permet de le déterminer, si l'on peut calculer m. Or m peut se déduire des résistances expérimentales w et W. En effet, divisant l'une par l'autre les rélations ψ et ψ', on a

$$\frac{w}{W} = \frac{\left(e^{\frac{l}{m}} - e^{-\frac{l}{m}}\right)^2}{\left(e^{\frac{l}{m}} + e^{-\frac{l}{m}}\right)^2};$$

d'où

$$\frac{W}{W - w} = \frac{\left(e^{\frac{l}{m}} + e^{-\frac{l}{m}}\right)^2}{4}.$$

Donc

$$\frac{e^{\frac{l}{m}} + e^{-\frac{l}{m}}}{2} = \sqrt{\frac{W}{W-w}} = \alpha.$$

Or, si l'on mesure les intensités du courant au départ et à l'arrivée, quand la ligne est à la terre, on a vu qu'on avait

$$\frac{I_0}{I_l} = \frac{e^{\frac{l}{m}} + e^{-\frac{l}{m}}}{2}.$$

La relation qui précède montre qu'il n'est pas besoin d'une expérience faite aux deux stations avec des boussoles comparables pour connaître ce rapport; on le déduira des mesures de w et W faites à la même station. Ce rapport α étant connu, la valeur de $e^{\frac{l}{m}}$ se tire de l'équation

$$\alpha e^{\frac{2l}{m}} - 2e^{\frac{l}{m}} + \alpha = 0;$$

d'où

$$e^{\frac{l}{m}} = \frac{1 + \sqrt{1 - \alpha^2}}{\alpha}.$$

Prenant les logarithmes népériens des deux membres

$$\frac{l}{m} = \mathrm{L}\frac{1 + \sqrt{1 - \alpha^2}}{\alpha}, \quad \text{et, par suite,} \quad m = \frac{l}{\mathrm{L}\frac{1 + \sqrt{1-\alpha^2}}{\alpha}},$$

ou en logarithmes vulgaires,

$$m = \frac{l \log e}{\log \frac{1 + \sqrt{1 - \alpha^2}}{\alpha}},$$

et par suite

$$r = \frac{m}{\sqrt{w\mathrm{W}}} = \frac{l \log e}{\sqrt{\mathrm{W}w} \log \frac{1+\sqrt{1-\alpha^2}}{\alpha}}.$$

Ainsi, par deux expériences faites à une même station, en faisant successivement mettre à la terre et isoler la ligne à l'autre station (mesure de w et W), il sera possible de connaître rigoureusement la résistance d'isolement de la ligne par unité de longueur.

Dans la pratique, on se borne à une approximation. Reprenons la relation

$$i = \frac{w}{r}\mathrm{W}.$$

Le quotient $\frac{w}{r}$ représente une certaine longueur du conducteur inférieur à sa véritable longueur l; car la résistance w obtenue en mettant la ligne à la terre est inférieure à la résistance lr de la ligne supposée sans dérivations. Néanmoins, on se contente en général de prendre pour *isolement par unité de longueur* le produit lW de la vraie longueur du conducteur par la résistance obtenue quand ce dernier est isolé.

Cette valeur lW, supérieure à la vraie valeur $\frac{w}{r}$ W, revient à supposer toutes les dérivations égales entre elles et à lW, et reportées à l'origine de la ligne.

On aurait une limite inférieure en supposant toutes les dérivations reportées à l'autre extrémité de la ligne : le résistance de l'ensemble des déviations serait alors W — lr, et la résistance d'isolement par unité de longueur (W — lr) l.

La vraie valeur est donc comprise entre Wl et (W — lr) l: on aurait une valeur plus approchée en prenant la

moyenne $\left(W - \frac{lr}{2}\right) l$, ce qui revient à supposer toutes les dérivations au milieu de la ligne. lr n'étant pas connu, on prendra w, et finalement on adoptera $\left(W - \frac{w}{2}\right) l$.

La relation d'isolement par unité de longueur dépend de la conductibilité du milieu environnant.

Pour les lignes aériennes, elle varie avec l'état plus ou moins humide de l'air ambiant, la forme des appuis et leur pouvoir isolant; pour les lignes sous-marines, avec la résistance spécifique de la matière qui forme l'enveloppe isolante, son épaisseur et l'étendue du fil qui est en communication avec elle, c'est-à-dire le diamètre du fil conducteur.

La résistance de l'enveloppe du câble étant donnée par $W - \frac{w}{2}$, on peut en déduire la conductibilité spécifique de la matière isolante, par la formule bien connue de sir W. Thomson, qui fait connaître la résistance totale d'isolement x d'un câble en fonction de la conductibilité spécifique λ, et des diamètres externe et interne D et d de l'enveloppe isolante,

$$x = \frac{1}{2\pi l\lambda} \text{L. nép.} \frac{D}{d}.$$

On prend x égal à $W - \frac{w}{2}$ ou simplement à W.

Corrections pour les résistances d'isolement et de conductibilité d'une ligne.—C'est en supposant toutes les dérivations remplacées par une résultante unique égale à leur somme et placée au milieu de la ligne qu'on obtient les formules de correction pour les mesures des résistances d'une ligne, indiquées dans le *Formulaire* de

MM. Clark et Sabine (page 143 de la traduction française).

Prenant la notation des auteurs, nous désignerons par R la résistance d'isolement mesurée, c'est-à-dire la quantité désignée jusqu'ici par W; r la résistance du conducteur mesurée quand l'autre extrémité est à la terre (w); r' la résistance du conducteur mesurée quand le récepteur (p) est dans le circuit à l'extrémité du fil; R' la résistance d'isolement corrigée, c'est-à-dire celle de la dérivation unique placée au milieu du fil qui peut remplacer les dérivations en chaque point de la ligne; L la résistance corrigée du fil de ligne, c'est-à-dire celle du conducteur supposé sans dérivation; enfin r'' la résistance vraie du récepteur (p).

Les lois des courants dérivés donnent alors :

1° Lorsque la ligne est isolée à l'autre extrémité,

$$R = \frac{L}{2} + R'; \qquad (1)$$

2° Lorsqu'elle est à la terre sans le récepteur,

$$r = \frac{L}{2} + \frac{1}{\frac{1}{R'} + \frac{2}{L}}; \qquad (2)$$

3° Lorsque le récepteur est introduit dans le circuit,

$$r' = \frac{L}{2} + \frac{1}{\frac{1}{R'} + \frac{1}{\frac{L}{2} + r''}}. \qquad (3)$$

Des équations (1) et (2) on tire

$$R' = \sqrt{R(R-r)}. \qquad (4)$$

$$L = 2\left[R - \sqrt{R(R-r)}\right]. \qquad (5)$$

$$\frac{w}{W}=\frac{\left(e^{\frac{l}{m}}-e^{-\frac{l}{m}}\right)^2}{\left(e^{\frac{l}{m}}+e^{-\frac{l}{m}}\right)^2};$$

d'où

$$\frac{W}{W-w}=\frac{\left(e^{\frac{l}{m}}+e^{-\frac{l}{m}}\right)^2}{4}.$$

Donc

$$\frac{e^{\frac{l}{m}}+e^{-\frac{l}{m}}}{2}=\sqrt{\frac{W}{W-w}}=\alpha.$$

Or, si l'on mesure les intensités du courant au départ et à l'arrivée, quand la ligne est à la terre, on a vu qu'on avait

$$\frac{I_0}{I_l}=\frac{e^{\frac{l}{m}}+e^{-\frac{l}{m}}}{2}.$$

La relation qui précède montre qu'il n'est pas besoin d'une expérience faite aux deux stations avec des boussoles comparables pour connaître ce rapport; on le déduira des mesures de w et W faites à la même station.

Ce rapport α étant connu, la valeur de $e^{\frac{l}{m}}$ se tire de l'équation

$$\alpha e^{\frac{2l}{m}}-2e^{\frac{l}{m}}+\alpha=0;$$

d'où

$$e^{\frac{l}{m}}=\frac{1+\sqrt{1-\alpha^2}}{\alpha}.$$

Prenant les logarithmes népériens des deux membres

$$\frac{l}{m}=\mathrm{L}\frac{1+\sqrt{1-\alpha^2}}{\alpha},\quad \text{et, par suite,}\quad m=\frac{l}{\mathrm{L}\frac{1+\sqrt{1-\alpha^2}}{\alpha}},$$

ou en logarithmes vulgaires,

$$m=\frac{l\log e}{\log\frac{1+\sqrt{1-\alpha^2}}{\alpha}},$$

et par suite

$$r = \frac{m}{\sqrt{w\mathrm{W}}} = \frac{l \log e}{\sqrt{\mathrm{W}w} \log \frac{1 + \sqrt{1-\alpha^2}}{\alpha}}.$$

Ainsi, par deux expériences faites à une même station, en faisant successivement mettre à la terre et isoler la ligne à l'autre station (mesure de w et W), il sera possible de connaître rigoureusement la résistance d'isolement de la ligne par unité de longueur.

Dans la pratique, on se borne à une approximation. Reprenons la relation

$$i = \frac{w}{r} \mathrm{W}.$$

Le quotient $\frac{w}{r}$ représente une certaine longueur du conducteur inférieur à sa véritable longueur l; car la résistance w obtenue en mettant la ligne à la terre est inférieure à la résistance lr de la ligne supposée sans dérivations. Néanmoins, on se contente en général de prendre pour *isolement par unité de longueur* le produit lW de la vraie longueur du conducteur par la résistance obtenue quand ce dernier est isolé.

Cette valeur lW, supérieure à la vraie valeur $\frac{w}{r}$ W, revient à supposer toutes les dérivations égales entre elles et à lW, et reportées à l'origine de la ligne.

On aurait une limite inférieure en supposant toutes les dérivations reportées à l'autre extrémité de la ligne : le résistance de l'ensemble des déviations serait alors W — lr, et la résistance d'isolement par unité de longueur (W — lr) l.

La vraie valeur est donc comprise entre Wl et (W — lr) l: on aurait une valeur plus approchée en prenant la

De (3) on tire

$$r'' = \frac{R'^2 - R^2 + Rr'}{R - r'},$$

et à cause de (4),

$$r'' = \frac{R(r' - r)}{R - r'}. \qquad (6)$$

Le rapport de l'intensité I_0 au départ à l'intensité I_l du courant reçu par le récepteur sera donné par

$$\frac{I_0}{I_l} = \frac{R + r''}{R'} = \frac{R + r''}{\sqrt{R(R - r}}.$$

Cette formule concorde d'ailleurs avec celle que l'on tire des formules générales établies précédemment (cas où la ligne est à la terre à travers un récepteur (p)).

Faisant, en effet, successivement $x = 0$ et $x = l$ dans la formule qui donne l'intensité I_l, et prenant ce rapport, on a

$$\frac{I_0}{I_l} = \frac{(m+p)e^{\frac{l}{m}} + (m-p)e^{-\frac{l}{m}}}{2m} = \frac{e^{\frac{l}{m}} + e^{-\frac{l}{m}}}{2} + \frac{p}{m}\,\frac{e^{\frac{l}{m}} - e^{-\frac{l}{m}}}{2}.$$

Or des relations ψ et ψ', divisées membre à membre, on tire

$$\frac{e^{\frac{l}{m}} + e^{-\frac{l}{m}}}{2} = \sqrt{\frac{W}{W - w}}$$

et

$$\frac{e^{\frac{l}{m}} - e^{-\frac{l}{m}}}{2} = \sqrt{\frac{w}{W - w}}.$$

Donc

$$\frac{I_0}{I_l} = \sqrt{\frac{W}{W - w}} + \frac{p}{m}\sqrt{\frac{w}{W - w}} = \frac{W + \frac{p}{m}\sqrt{Ww}}{\sqrt{W(W - w)}}.$$

Mais on a vu que

$$wW = \frac{m^2}{k^2\omega^2};$$

donc

$$\frac{p}{m}\sqrt{Ww} = \frac{p}{k\omega}.$$

Or p est la résistance du récepteur exprimée en longueur du fil de ligne ; donc $\frac{p}{k\omega}$ n'est autre que la résistance mesurée en unités que nous avons désignée par r'', d'ailleurs $W = R$ et $w = r$; donc

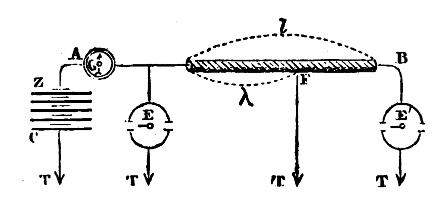
$$\frac{I_0}{I_l} = \frac{R + r''}{\sqrt{R(R-r)}}.$$

Nous renvoyons, pour les applications aux piles télégraphiques, au travail de M. Lacoine, inséré dans le *Journal télégraphique de Berne* (t. II, n° 28, p. 441).

Détermination de la position d'un défaut dans un câble, en tenant compte de la perte normale par l'enveloppe, et par une expérience faite simultanément aux deux bouts du câble.

Les formules de chaînettes permettent de résoudre assez simplement ce problème et d'arriver à l'expression donnée par MM. Thomson et Jenkin, que l'on trouve soit dans les *Cantor lectures*, soit dans le *Traité d'électricité et de magnétisme* de M. Jenkin (page 354).

La figure représente la disposition de l'expérience :



Sur le navire ou à la station A, on a un galvanomètre G et un électromètre E;

Sur le rivage ou à la station B, on a seulement l'électromètre E'.

Soient l la longueur du câble, λ la distance du défaut F à la station A ou au navire. Le câble étant isolé au rivage, on mesure simultanément à bord le potentiel V_0 et l'intensité I_0 du courant de perte; à terre, le potentiel V_l à l'extrémité du câble isolé.

Lorsqu'il n'y a pas de défaut, la courbe des potentiels a pour équation

$$u = Ce^{\frac{x}{m}} + C'e^{-\frac{x}{m}}.$$

i étant la résistance de l'enveloppe par unité de longueur, et r celle du conducteur par unité de longueur, on a vu que

$$i = m^2 r.$$

Pour prendre la notation de M. Jenkin, posons $m^2 = \frac{1}{a^2}$, alors $a = \sqrt{\frac{r}{i}}$ et l'équation de la chaînette devient

$$u = Ce^{ax} + C'e^{-ax}.$$

Soit V_λ le potentiel au point défectueux F.

Entre le navire et le défaut, on a la chaînette

$$u = Ce^{ax} + C'e^{-ax},$$

et pour

$$x = 0, \quad V_0 = C + C' \ldots \qquad (1)$$
$$x = \lambda, \quad V_\lambda = Ce^{a\lambda} + C'e^{-a\lambda} \ldots \qquad (2)$$

L'intensité I_0, à l'origine, est

$$I_0 = -k\omega\left(\frac{du}{dx}\right)_0 = k\omega a(C' - C) = \frac{a}{r}(C' - C) \ldots \qquad (3)$$

De (1) et (2) on tire

$$C = \frac{V_\lambda - V_0 e^{-a\lambda}}{e^{a\lambda} - e^{-a\lambda}}.$$

$$C' = \frac{V_0 e^{a\lambda} - V_\lambda}{e^{a\lambda} - e^{-a\lambda}}.$$

Substituant dans (3)

$$I_0 = \frac{a}{r} \frac{V_0 (e^{a\lambda} + e^{-a\lambda}) - 2V_\lambda}{e^{a\lambda} - e^{-a\lambda}} \dots \quad (4)$$

Entre le défaut F et l'extrémité du câble isolé, la courbe des potentiels est une autre chaînette

$$u = C_1 e^{ax} + C'_1 e^{-ax},$$

qui doit satisfaire aux conditions suivantes :

$$\text{pour } x = \lambda, \quad V_\lambda = C_1 e^{a\lambda} + C'_1 e^{-a\lambda} \dots \quad (5)$$

$$x = l, \quad V_l = C_1 e^{al} + C'_1 e^{-al} \dots \quad (6)$$

L'intensité à l'extrémité isolée est nulle, donc

$$0 = C_1 e^{al} - C'_1 e^{-al} \dots \quad (7)$$

De (6) et (7) on tire

$$C_1 = \frac{1}{2} \frac{V_l}{e^{al}},$$

$$C'_1 = \frac{1}{2} \frac{V_l}{e^{-al}}.$$

Substituant dans (5)

$$V_\lambda = \frac{1}{2} V_l \left[e^{a(\lambda - l)} + e^{-a(\lambda - l)}\right] \dots \quad (8)$$

Portant la valeur de V_λ dans (4),

$$I_0 = \frac{a}{r} \frac{V_0 (e^{2a\lambda} + 1) - V_l \left[e^{a(2\lambda - l)} + e^{al}\right]}{e^{2a\lambda} - 1};$$

densateur est exprimée en unités absolues de travail par $\frac{1}{2}QV$, $\frac{1}{2}\frac{Q^2}{S}$, ou enfin $\frac{1}{2}V^2S$. S étant sa capacité électro-statique, Q sa charge et V la différence de potentiel des deux armatures.

L'unité absolue de travail est égale à 1 kilogrammètre divisé par 1.000 *g* ou par 9.809, et elle est équivalente à une calorie divisée par 4.168.800 *. L'énergie d'un condensateur en unités usuelles peut donc être représentée par

$$\frac{1}{2}V^2S \times \frac{1}{9.809} \text{ kilogrammètres.}$$

ou

$$\frac{1}{2}V^2S \times \frac{1}{4168800} \text{ calories.}$$

Une batterie électrique de forme ordinaire a pour capacité $S = \frac{Ac}{4\pi d}$, A étant l'étendue des armatures, d leur distance et c le pouvoir inducteur de la matière qui les sépare.

Si la batterie est composée de n jarres ayant chacune pour hauteur a et pour diamètre b,

$$A = n\pi ab, \quad \text{et} \quad S = \frac{nab \times c}{4d}.$$

L'énergie d'une batterie dont l'armature extérieure serait en communication avec la terre et l'armature intérieure avec une source au potentiel V, est donc

$$V^2\frac{nab \times c}{8d} \times \frac{1}{9.809} \text{ kilogrammètres}$$

ou

$$V^2\frac{nab \times c}{8d} \times \frac{1}{4168400} \text{ calories.}$$

* En admettant 425 pour l'équivalent mécanique de la chaleur (n°s 27 et 29).

Les jarres sont ordinairement en verre de 2 millimètres d'épaisseur et le pouvoir spécifique inducteur $c = 1,80$. Quant au potentiel V, développé par la machine électrique, nous admettrons encore le chiffre 30. En substituant ces valeurs, on trouve :

1° Pour l'énergie X de la batterie exprimée en kilogrammètres,

$$X = \frac{nab \times \overline{30}^2 \times 0,80}{8 \times 0,002 \times 9.809} = nab \times 10,322 \text{ kilogrammètres.}$$

2° Pour l'énergie Y exprimée en calories,

$$Y = \frac{nab \times \overline{30}^2 \times 1,80}{8 \times 0,002 \times 4168800} = nab \times 0,0242 \text{ calories.}$$

Avec une petite bouteille de Leyde de $0^m,20$ de hauteur et $0^m,12$ de diamètre, on aurait :

X = 0,247 kilogrammètres,
Y = 0,00058 calories.

Avec une grande batterie composée de 10 jarres de 50 centimètres de hauteur et de 15 centimètres de diamètre :

X = 7,74 kilogrammètres,
Y = 0^m,0182 calories.

Ainsi, pour charger complétement la batterie, il faut dépenser un travail équivalent à 7,74 kilogrammètres, c'est-à-dire correspondant à 1 kilogramme élevé à $7^m,74$ de hauteur.

La résistance à vaincre augmente d'ailleurs à mesure que la charge s'accroît, car l'énergie de la batterie, $\frac{1}{2}\frac{Q^2}{S}$, est proportionnelle au carré de la charge, de sorte que pour une demi-charge le travail à développer est

$\frac{1}{4}$ de $7^{km},74$, et pour passer de la demi-charge à la charge entière, il est $\frac{3}{4}$ de $7^{km},74$.

100. Quand on décharge la batterie, l'énergie se transforme en force vive, en chaleur ou en travail.

Sur le système nerveux, la décharge de la batterie de 10 jarres doit produire l'effet du choc d'une masse dure, pesant 1 kilogramme, et qui tomberait de plus de 7 mètres de hauteur; on ne doit donc pas s'étonner de son effet foudroyant sur les animaux.

Lorsque la décharge a lieu à travers un fil fin, l'énergie se transforme à peu près complètement en chaleur qui est absorbée par le fil et l'échauffe. Cette quantité de chaleur est égale à 0,0182 calories, elle élèverait de 1° centigrade $0^{k},0182$ d'eau, ou élèverait de 18°,2 la température d'un gramme d'eau.

Supposons le fil conducteur, formé d'un petit fil de fer de 2/10 de millimètre de diamètre et de 1 mètre de longueur, dont le volume est 0,0314 centimètres cubes et le poids $0^{gr},2512$: la chaleur spécifique du fer, ou la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1° centigrade 1 kilogramme de fer, étant $0^{cal},114$, le petit fil de fer sera porté par la décharge instantanée de la batterie à une température de $\frac{18,2}{0,2512 \times 0,114}$ ou de 635° centigrades *.

Le fer fond à 1.500°; si l'on veut avoir la longueur l du fil qui pourrait être fondu par la décharge de la batterie on posera; $l \times 1.500 = 635$, d'où l'on tire $l = 0^{m},42$.

Ainsi la décharge d'une batterie de 10 jarres électri-

* Il n'y a pas de déperdition de chaleur par l'air à cause de l'instantanéité de la décharge.

sées par une bonne machine de cabinet peut fondre complétement un fil de fer de 2 millimètres de diamètre et qui aurait 42 centimètres de longueur.

On a vu plus haut qu'un câble sous-marin tel que le câble transatlantique français, isolé à l'une de ses extrémités et mis en communication avec une faible pile voltaïque, de 10 éléments Daniell, contient une quantité relativement très-grande d'électricité, qui peut être évaluée à 22.800 unités, mais en raison de la faiblesse du potentiel de la source, l'énergie de cette charge est très-faible. En effet, la pile de 10 éléments Daniell ayant pour potentiel 0,00374, l'énergie de la charge en unités absolues est $\frac{0,00374 \times 22.800}{2} = 42,5$, ou en kilogrammètres $0^{km},0043$. Ce serait l'énergie d'une petite bouteille de Leyde électrisée au potentiel 30 par une machine ordinaire et qui aurait pour surface 12 centimètres carrés.

(*A suivre.*)

SUR LES DÉRIVATIONS DU COURANT
LE LONG DES LIGNES ÉLECTRIQUES

PAR M. JULES RAYNAUD,

(Suite et fin.) *

Isolement par unité de longueur. — Supposons que l'on mesure la résistance de la ligne, quand son extrémité est à la terre, puis isolée, et soient w et W les résistances trouvées : en négligeant la résistance de la pile, on a

$$I_0 = \frac{E}{w}, \quad I'_0 = \frac{E}{W}.$$

Remplaçant I_0 et I'_0 par leurs valeurs données par les relations φ et φ' (tome I, pages 229 et 231), on tire

$$w = \frac{E}{I_0} = \frac{m}{k\omega} \frac{e^{\frac{l}{m}} - e^{-\frac{l}{m}}}{e^{\frac{l}{m}} + e^{-\frac{l}{m}}} \dots \qquad (\psi)$$

$$W = \frac{E}{I'_0} = \frac{m}{k\omega} \frac{e^{\frac{l}{m}} + e^{-\frac{l}{m}}}{e^{\frac{l}{m}} - e^{-\frac{l}{m}}} \dots \qquad (\psi')$$

Multipliant ces deux équations membre à membre, il vient

$$wW = \frac{m^2}{k^2 \omega^2}.$$

Or, on a posé au début $m^2 = \frac{k\omega}{bc}$.

* Voir tome I, page 225.

Donc

$$\frac{1}{bc} = \frac{m^2}{k\omega} = (w.\, k\omega)\,W :$$

$\frac{1}{bc}$ est évidemment la résistance d'isolement de l'unité de longueur du conducteur défini par k et ω, dans le milieu dont b est le coefficient de déperdition : appelons i cette résistance. Appelons r la résistance du conducteur par unité de longueur, on aura $r = \frac{1}{k\omega}$.

La relation précédente devient alors

$$i = m^2 r = \frac{w}{r}\,W.$$

Si l'on a $k = 1$, $\omega = 1$ et par suite $r = 1$, c'est-à-dire si l'on prend pour unité la résistance de l'unité de longueur du conducteur, et si w et W sont exprimés en fonction de cette unité (tel sera le cas d'une ligne aérienne en fil de fer de 4 millimètres, si les rhéostats employés sont étalonnés en kilomètres), m^2 représentera la résistance i d'isolement par unité de longueur, et l'on obtiendra la valeur de cette résistance en multipliant l'une par l'autre les résistances mesurées en mettant la ligne à la terre et en l'isolant.

La valeur de i sera facile à calculer quand on connaîtra r, c'est-à-dire la résistance de l'unité de longueur du conducteur parfaitement isolé.

Si r n'est pas connu, et qu'on ait seulement la longueur de la ligne, la relation $wW = m^2 r^2$ permet de le déterminer, si l'on peut calculer m. Or m peut se déduire des résistances expérimentales w et W. En effet, divisant l'une par l'autre les rélations ψ et ψ', on a

$$\frac{w}{W} = \frac{\left(e^{\frac{l}{m}} - e^{-\frac{l}{m}}\right)^2}{\left(e^{\frac{l}{m}} + e^{-\frac{l}{m}}\right)^2};$$

d'où

$$\frac{W}{W - w} = \frac{\left(e^{\frac{l}{m}} + e^{-\frac{l}{m}}\right)^2}{4}.$$

Donc

$$\frac{e^{\frac{l}{m}} + e^{-\frac{l}{m}}}{2} = \sqrt{\frac{W}{W-w}} = \alpha.$$

Or, si l'on mesure les intensités du courant au départ et à l'arrivée, quand la ligne est à la terre, on a vu qu'on avait

$$\frac{I_0}{I_l} = \frac{e^{\frac{l}{m}} + e^{-\frac{l}{m}}}{2}.$$

La relation qui précède montre qu'il n'est pas besoin d'une expérience faite aux deux stations avec des boussoles comparables pour connaître ce rapport; on le déduira des mesures de w et W faites à la même station. Ce rapport α étant connu, la valeur de $e^{\frac{l}{m}}$ se tire de l'équation

$$\alpha e^{\frac{2l}{m}} - 2e^{\frac{l}{m}} + \alpha = 0;$$

d'où

$$e^{\frac{l}{m}} = \frac{1 + \sqrt{1 - \alpha^2}}{\alpha}.$$

Prenant les logarithmes népériens des deux membres

$$\frac{l}{m} = \mathrm{L}\frac{1 + \sqrt{1 - \alpha^2}}{\alpha}, \quad \text{et, par suite,} \quad m = \frac{l}{\mathrm{L}\frac{1 + \sqrt{1-\alpha^2}}{\alpha}},$$

ou en logarithmes vulgaires,

$$m = \frac{l \log e}{\log\frac{1 + \sqrt{1 - \alpha^2}}{\alpha}},$$

et par suite

$$r = \frac{m}{\sqrt{w\mathrm{W}}} = \frac{l \log e}{\sqrt{\mathrm{W}w} \log \frac{1+\sqrt{1-\alpha^2}}{\alpha}}.$$

Ainsi, par deux expériences faites à une même station, en faisant successivement mettre à la terre et isoler la ligne à l'autre station (mesure de w et W), il sera possible de connaître rigoureusement la résistance d'isolement de la ligne par unité de longueur.

Dans la pratique, on se borne à une approximation. Reprenons la relation

$$i = \frac{w}{r}\mathrm{W}.$$

Le quotient $\frac{w}{r}$ représente une certaine longueur du conducteur inférieur à sa véritable longueur l; car la résistance w obtenue en mettant la ligne à la terre est inférieure à la résistance lr de la ligne supposée sans dérivations. Néanmoins, on se contente en général de prendre pour *isolement par unité de longueur* le produit $l\mathrm{W}$ de la vraie longueur du conducteur par la résistance obtenue quand ce dernier est isolé.

Cette valeur $l\mathrm{W}$, supérieure à la vraie valeur $\frac{w}{r}$ W, revient à supposer toutes les dérivations égales entre elles et à $l\mathrm{W}$, et reportées à l'origine de la ligne.

On aurait une limite inférieure en supposant toutes les dérivations reportées à l'autre extrémité de la ligne : le résistance de l'ensemble des déviations serait alors $\mathrm{W}-lr$, et la résistance d'isolement par unité de longueur $(\mathrm{W}-lr)\,l$.

La vraie valeur est donc comprise entre $\mathrm{W}l$ et $(\mathrm{W}-lr)\,l$: on aurait une valeur plus approchée en prenant la

moyenne $\left(W - \frac{lr}{2}\right) l$, ce qui revient à supposer toutes les dérivations au milieu de la ligne. lr n'étant pas connu, on prendra w, et finalement on adoptera $\left(W - \frac{w}{2}\right) l$.

La relation d'isolement par unité de longueur dépend de la conductibilité du milieu environnant.

Pour les lignes aériennes, elle varie avec l'état plus ou moins humide de l'air ambiant, la forme des appuis et leur pouvoir isolant; pour les lignes sous-marines, avec la résistance spécifique de la matière qui forme l'enveloppe isolante, son épaisseur et l'étendue du fil qui est en communication avec elle, c'est-à-dire le diamètre du fil conducteur.

La résistance de l'enveloppe du câble étant donnée par $W - \frac{w}{2}$, on peut en déduire la conductibilité spécifique de la matière isolante, par la formule bien connue de sir W. Thomson, qui fait connaître la résistance totale d'isolement x d'un câble en fonction de la conductibilité spécifique λ, et des diamètres externe et interne D et d de l'enveloppe isolante,

$$x = \frac{1}{2\pi l\lambda} \text{L. nép.} \frac{D}{d}.$$

On prend x égal à $W - \frac{w}{2}$ ou simplement à W.

Corrections pour les résistances d'isolement et de conductibilité d'une ligne.—C'est en supposant toutes les dérivations remplacées par une résultante unique égale à leur somme et placée au milieu de la ligne qu'on obtient les formules de correction pour les mesures des résistances d'une ligne, indiquées dans le *Formulaire* de

MM. Clark et Sabine (page 143 de la traduction française).

Prenant la notation des auteurs, nous désignerons par R la résistance d'isolement mesurée, c'est-à-dire la quantité désignée jusqu'ici par W; r la résistance du conducteur mesurée quand l'autre extrémité est à la terre (w); r' la résistance du conducteur mesurée quand le récepteur (p) est dans le circuit à l'extrémité du fil; R' la résistance d'isolement corrigée, c'est-à-dire celle de la dérivation unique placée au milieu du fil qui peut remplacer les dérivations en chaque point de la ligne; L la résistance corrigée du fil de ligne, c'est-à-dire celle du conducteur supposé sans dérivation; enfin r'' la résistance vraie du récepteur (p).

Les lois des courants dérivés donnent alors :

1° Lorsque la ligne est isolée à l'autre extrémité,

$$R = \frac{L}{2} + R'; \qquad (1)$$

2° Lorsqu'elle est à la terre sans le récepteur,

$$r = \frac{L}{2} + \frac{1}{\frac{1}{R'} + \frac{2}{L}}; \qquad (2)$$

3° Lorsque le récepteur est introduit dans le circuit,

$$r' = \frac{L}{2} + \frac{1}{\frac{1}{R'} + \frac{1}{\frac{L}{2} + r''}}. \qquad (3)$$

Des équations (1) et (2) on tire

$$R' = \sqrt{R(R-r)}. \qquad (4)$$

$$L = 2[R - \sqrt{R(R-r)}]. \qquad (5)$$

De (3) on tire

$$r'' = \frac{R'^2 - R^2 + Rr'}{R - r'},$$

et à cause de (4),

$$r'' = \frac{R(r' - r)}{R - r'}. \qquad (6)$$

Le rapport de l'intensité I_0 au départ à l'intensité I_l du courant reçu par le récepteur sera donné par

$$\frac{I_0}{I_l} = \frac{R + r''}{R'} = \frac{R + r''}{\sqrt{R(R - r)}}.$$

Cette formule concorde d'ailleurs avec celle que l'on tire des formules générales établies précédemment (cas où la ligne est à la terre à travers un récepteur (p)).

Faisant, en effet, successivement $x = 0$ et $x = l$ dans la formule qui donne l'intensité I_l, et prenant ce rapport, on a

$$\frac{I_0}{I_l} = \frac{(m + p)\,e^{\frac{l}{m}} + (m - p)\,e^{-\frac{l}{m}}}{2m} = \frac{e^{\frac{l}{m}} + e^{-\frac{l}{m}}}{2} + \frac{p}{m}\,\frac{e^{\frac{l}{m}} - e^{-\frac{l}{m}}}{2}.$$

Or des relations ψ et ψ', divisées membre à membre, on tire

$$\frac{e^{\frac{l}{m}} + e^{-\frac{l}{m}}}{2} = \sqrt{\frac{W}{W - w}}$$

et

$$\frac{e^{\frac{l}{m}} - e^{-\frac{l}{m}}}{2} = \sqrt{\frac{w}{W - w}}.$$

Donc

$$\frac{I_0}{I_l} = \sqrt{\frac{W}{W - w}} + \frac{p}{m}\sqrt{\frac{w}{W - w}} = \frac{W + \frac{p}{m}\sqrt{Ww}}{\sqrt{W(W - w)}}.$$

Mais on a vu que

$$wW = \frac{m^2}{k^2\omega^2};$$

donc

$$\frac{p}{m}\sqrt{Ww} = \frac{p}{k\omega}.$$

Or p est la résistance du récepteur exprimée en longueur du fil de ligne; donc $\frac{p}{k\omega}$ n'est autre que la résistance mesurée en unités que nous avons désignée par r'', d'ailleurs $W = R$ et $w = r$; donc

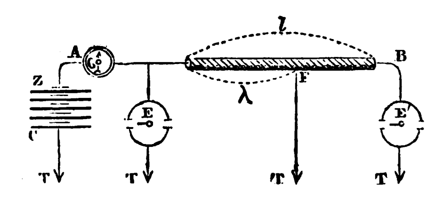
$$\frac{I_0}{I_l} = \frac{R + r''}{\sqrt{R(R-r)}}.$$

Nous renvoyons, pour les applications aux piles télégraphiques, au travail de M. Lacoine, inséré dans le *Journal télégraphique de Berne* (t. II, n° 28, p. 441).

Détermination de la position d'un défaut dans un câble, en tenant compte de la perte normale par l'enveloppe, et par une expérience faite simultanément aux deux bouts du câble.

Les formules de chaînettes permettent de résoudre assez simplement ce problème et d'arriver à l'expression donnée par MM. Thomson et Jenkin, que l'on trouve soit dans les *Cantor lectures*, soit dans le *Traité d'électricité et de magnétisme* de M. Jenkin (page 354).

La figure représente la disposition de l'expérience :



Sur le navire ou à la station A, on a un galvanomètre G et un électromètre E ;

Sur le rivage ou à la station B, on a seulement l'électromètre E'.

Soient l la longueur du câble, λ la distance du défaut F à la station A ou au navire. Le câble étant isolé au rivage, on mesure simultanément à bord le potentiel V_0 et l'intensité I_0 du courant de perte ; à terre, le potentiel V_l à l'extrémité du câble isolé.

Lorsqu'il n'y a pas de défaut, la courbe des potentiels a pour équation

$$u = Ce^{\frac{x}{m}} + C'e^{-\frac{x}{m}}.$$

i étant la résistance de l'enveloppe par unité de longueur, et r celle du conducteur par unité de longueur, on a vu que

$$i = m^2 r.$$

Pour prendre la notation de M. Jenkin, posons $m^2 = \frac{1}{a^2}$, alors $a = \sqrt{\frac{r}{i}}$ et l'équation de la chaînette devient

$$u = Ce^{ax} + C'e^{-ax}.$$

Soit V_λ le potentiel au point défectueux F.

Entre le navire et le défaut, on a la chaînette

$$u = Ce^{ax} + C'e^{-ax},$$

et pour

$$x = 0, \quad V_0 = C + C' \dots \qquad (1)$$
$$x = \lambda, \quad V_\lambda = Ce^{a\lambda} + C'e^{\ a\lambda} \dots \qquad (2)$$

L'intensité I_0, à l'origine, est

$$I_0 = -k\omega\left(\frac{du}{dx}\right)_0 = k\omega a(C' - C) = \frac{a}{r}(C' - C) \dots \qquad (3)$$

De (1) et (2) on tire

$$C = \frac{V_\lambda - V_0 e^{-a\lambda}}{e^{a\lambda} - e^{-a\lambda}}.$$

$$C' = \frac{V_0 e^{a\lambda} - V_\lambda}{e^{a\lambda} - e^{-a\lambda}}.$$

Substituant dans (3)

$$I_0 = \frac{a}{r} \frac{V_0 (e^{a\lambda} + e^{-a\lambda}) - 2V_\lambda}{e^{a\lambda} - e^{-a\lambda}} \dots \qquad (4)$$

Entre le défaut F et l'extrémité du câble isolé, la courbe des potentiels est une autre chaînette

$$u = C_1 e^{ax} + C'_1 e^{-ax},$$

qui doit satisfaire aux conditions suivantes :

$$\text{pour } x = \lambda, \quad V_\lambda = C_1 e^{a\lambda} + C'_1 e^{-a\lambda} \dots \qquad (5)$$

$$x = l, \quad V_l = C_1 e^{al} + C'_1 e^{-al} \dots \qquad (6)$$

L'intensité à l'extrémité isolée est nulle, donc

$$0 = C_1 e^{al} - C'_1 e^{-al} \dots \qquad (7)$$

De (6) et (7) on tire

$$C_1 = \frac{1}{2} \frac{V_l}{e^{al}},$$

$$C'_1 = \frac{1}{2} \frac{V_l}{e^{-al}}.$$

Substituant dans (5)

$$V_\lambda = \frac{1}{2} V_l \left[e^{a(\lambda - l)} + e^{-a(\lambda - l)} \right] \dots \qquad (8)$$

Portant la valeur de V_λ dans (4),

$$I_0 = \frac{a}{r} \frac{V_0 (e^{2a\lambda} + 1) - V_l \left[e^{a(2\lambda - l)} + e^{al} \right]}{e^{2a\lambda} - 1};$$

d'où

$$e^{2a\lambda} = \frac{V_0 + \frac{r}{a} I_0 - V_0}{V_l e^{-al} + \frac{r}{a} I_0 - V_0} = \frac{N}{D}.$$

Prenant les logarithmes népériens des deux membres

$$2a\lambda = \text{L. nép.} \frac{N}{D};$$

d'où

$$\lambda = \frac{1}{2a} \text{L. nép.} \frac{N}{D}. \qquad \text{C. Q. F. D.}$$

DES COURANTS D'INDUCTION

QUI SE PRODUISENT

SUR LES FILS TÉLÉGRAPHIQUES

PAR M. LAGARDE,
Inspecteur des lignes télégraphiques.

Depuis longtemps les phénomènes d'induction en électricité sont connus des physiciens, qui les ont étudiés avec détail dans des expériences de cabinet, en opérant sur des circuits de peu d'étendue et très-rapprochés les uns des autres. La différence entre ces circuits et ceux formés par les fils télégraphiques est si grande que c'est depuis quelques années seulement qu'on s'est convaincu que lorsque deux fils télégraphiques aériens sont voisins sur une assez grande longueur, les courants envoyés sur l'un d'eux donnent naissance à des courants induits sur l'autre. Les appareils Morse et à cadran, et ceux d'un genre analogue, qui ont été pendant longtemps seuls en usage pour la transmission et la réception des dépêches, n'étant pas influencés par ces courants, on pensait que les phénomènes d'induction ne se produiraient pas sur les conducteurs télégraphiques, ou du moins qu'ils n'étaient pas appréciables. Mais quand on a fait usage de l'appareil Hughes, qui peut marcher sous l'action de courants à peu près instantanés, on s'est aperçu en quelques endroits, à Marseille notamment, qu'il n'était pas toujours possible de travailler en même temps par deux

fils voisins avec des appareils de ce système, tandis que le travail n'offrait aucune difficulté en faisant usage d'appareils Morse sur ces mêmes fils. On a cru pendant quelque temps que ces phénomènes étaient dus à des dérivations entre les deux conducteurs, mais on s'est enfin aperçu que l'induction en était la seule cause.

J'ai fait depuis 1869, à diverses reprises, des expériences nombreuses à ce sujet, et quoique les résultats que j'ai obtenus soient fort incomplets et ne montrent guère que la constatation du fait, sans en indiquer les lois, je crois devoir les faire connaître sommairement sans indications théoriques, me réservant de les compléter quand d'autres expériences m'auront révélé de nouveaux faits.

Lorsqu'il existe une dérivation entre deux fils et qu'on envoie un courant sur l'un d'eux, si sur l'autre il y a un récepteur à électro-aimant polarisé, tel qu'un appareil Hughes, ce récepteur marche si le courant dérivé est assez fort et s'il est de sens convenable dans les bobines de l'électro-aimant. La même chose a lieu quand les deux fils partant d'un même poste sont parfaitement isolés sur la ligne, mais que la terre qui leur est commune dans ce poste est défectueuse (trop résistante) : alors une partie seulement du courant s'écoule dans le sol et l'autre se rend sur le second fil, absolument comme s'il y avait mélange au point où les deux conducteurs se joignent à la terre commune. Mais quand les deux fils sont parallèles et voisins sur une grande longueur, et qu'il y a induction de l'un sur l'autre, toutes les fois qu'on travaille par l'un d'eux, chaque émission de courant donne lieu à deux courants induits : l'un d'induction commençante, l'autre d'induction finissante, le premier étant de sens contraire au courant inducteur et le

second de même sens. Si ces courants sont assez forts, l'un des deux fera nécessairement fonctionner l'appareil à électro-aimant polarisé monté sur le fil induit, quelle que soit l'orientation des bobines. En reliant le fil de ligne successivement à chacune des extrémités du fil de l'électro-aimant, l'appareil marchera toujours tant qu'on transmettra par le fil voisin; au contraire, il n'y a qu'une extrémité du fil des bobines qu'on puisse relier à la ligne pour que l'appareil fonctionne sous l'action d'une dérivation entre les deux fils. On a ainsi, avec un appareil de cette sorte, placé sur l'un des conducteurs, un moyen certain de reconnaître si, lorsque les transmissions qu'on fait par l'un d'eux influent sur l'autre, cette influence est due à des courants d'induction ou à des courants de dérivation. L'expérience consistant à isoler les deux fils à l'extrémité opposée à celle où l'on se trouve, puis à envoyer un courant sur l'un d'eux et observer un galvanomètre placé sur l'autre est insuffisante, parce qu'elle ne donne aucune indication relative aux dérivations provenant d'une terre commune mauvaise.

C'est l'appareil Hughes, que l'on peut, au moyen d'un réglage convenable, rendre très-sensible, qui m'a servi dans presque toutes mes expériences. J'en ai fait cependant quelques-unes avec d'autres appareils à électro-aimant polarisé et dont je parlerai ultérieurement quand j'aurai recueilli de nouveaux faits. Les galvanomètres très-sensibles, dont la déviation de l'aiguille est presque instantanée, comme le galvanomètre à miroir de Thomson, peuvent, dans certains cas, servir pour ces études, mais non pas toujours, comme on pourra s'en rendre compte en voyant comment on a constaté l'induction sur les lignes aériennes dont tous les fils travaillaient. A l'é-

poque où j'ai commencé ces expériences, je n'avais pas de galvanomètre de cette espèce.

Induction entre les fils souterrains. — Les premières expériences ont été faites en 1869 * sur la ligne souterraine de Paris à Juvisy, au moment où elle venait d'être construite et avant qu'elle fût reliée aux conducteurs aériens. Les câbles de cette ligne, longue de 23 à 24 kilomètres, sont du modèle B, mais ils ont leurs conducteurs métalliques plus éloignés les uns des autres que dans les câbles ordinaires de ce modèle; la plus petite distance entre deux conducteurs parallèles et voisins est de 8 millimètres d'axe en axe. J'ai pris d'abord le fil induit et le fil inducteur dans le même câble et contigus l'un à l'autre, et j'ai placé sur chacun d'eux, au bout situé à Paris, un appareil Hughes.

J'ai considéré séparément le cas où les deux fils étaient réunis à la terre par l'intermédiaire de grandes résistances.

Dans le premier cas, lorsqu'on transmettait dans le fil n° 1 avec une pile Daniell de 80 éléments, on recevait cette transmission dans l'appareil placé sur le second fil et convenablement sensibilisé, et cela quelle que fût l'extrémité des bobines en communication avec la ligne: il y avait donc induction. Quand la pile était de 150 éléments, le courant induit avait la valeur du courant fourni par un élément Daniell, c'est-à-dire que ce dernier courant, envoyé sur le second fil, produisait sur l'appareil Hughes le même effet que le courant induit. Ces résultats, relatifs au cas où les fils sont isolés, ne doivent pas surprendre, puisque, à cause de leur longueur et de

* Avec l'aide de M. Clérac, directeur des transmissions, attaché au service du contrôle du matériel.

la condensation, il y a à l'extrémité non isolée du fil inducteur des courants de charge très-forts qui développent des courants sur le fil induit dont une extrémité est à la terre.

Dans le deuxième cas, qui est celui de la pratique, les seconds bouts des deux fils sur lesquels on expérimentait communiquant avec la terre par l'intermédiaire de bobines de résistance de 500 à 800 kilomètres, on a trouvé qu'il y avait également de l'induction entre les deux fils; cette induction différait peu de celle qu'on observait dans le premier cas, autant du moins qu'on pouvait en juger par le réglage du Hughes. Je n'ai pas pu voir ce qu'était, dans ce second cas, l'induction au deuxième bout du fil; il est certain toutefois qu'elle devait être inférieure à ce qu'elle était au premier bout.

En prenant le fil inducteur et le fil induit dans deux câbles différents, on trouvait encore de l'induction, mais bien moins que précédemment.

Afin d'étudier l'influence de la longueur sur l'intensité de ces phénomènes, j'ai repris les deux premiers fils sur lesquels j'avais expérimenté, et les ai fait couper au milieu de leur longueur. En opérant comme précédemment et successivement sur la première moitié de ces conducteurs et sur deux autres conducteurs (contigus l'un à l'autre), on a trouvé que l'induction observée dans le second cas était plus grande que celle observée dans le premier, mais inférieure au double de cette même induction. Cela montrerait que l'induction croît avec la longueur des fils, mais moins rapidement que cette longueur. Je n'ai pu d'ailleurs déterminer le rapport exact de ces inductions.

L'induction entre deux fils d'un même câble est relativement considérable, et c'est un des motifs pour lesquels

il serait préférable que les fils souterrains, ainsi que ceux posés sous les tunnels, fussent séparés au lieu d'être câblés ensemble.

En étudiant ces phénomènes d'induction, j'ai été conduit à m'occuper de l'influence de la terre d'un poste sur l'écoulement de l'électricité dans le sol et sa propagation sur les fils aboutissant à cette terre. Pour avoir une idée de cette influence, j'ai remplacé dans les expériences précédentes, le fil inducteur tantôt par un grand condensateur, tantôt par un fil d'une ligne souterraine différente, celle allant du poste central au chemin de fer de Lyon, de sorte qu'il n'y avait pas de courant d'induction possible entre les deux fils en expérience. Un rhéostat R était placé entre la terre et le point de jonction du pôle négatif de la pile et du bouton de terre de l'appareil placé sur le second fil.

Les choses étant ainsi disposées, on a obtenu les résultats suivants : Quand les fils étaient isolés au second bout et qu'on ne prenait aucune des résistances de R, et qu'on envoyait un courant sur le premier fil, on n'apercevait rien sur le second. Lorsqu'on prenait au moins 35 unités de R et qu'on transmettait par le premier fil avec une pile de 150 éléments Daniell, il se développait sur le second des courants qui faisaient marcher l'appareil, pourvu que son réglage fût plus sensible qu'il ne l'est pour le travail ordinaire ; il marchait même avec le réglage ordinaire lorsqu'on prenait en rhéostat 180 unités de résistance. Quand les extrémités des deux fils étaient à la terre, on avait des résultats plus marquants ; ainsi l'appareil sur le second fil marchait avec le réglage ordinaire quand on transmettait par le premier fil avec 150 éléments et qu'on ne prenait que 30 unités du rhéostat R.

Ces résultats s'expliquent d'ailleurs facilement par la théorie de la propagation de l'électricité *.

Induction entre les fils aériens. — Après avoir fait les expériences que je viens de citer, j'ai cherché en 1869 si, entre les fils aériens qui devaient être reliés aux conducteurs souterrains de Paris à Juvisy, il se manifestait des courants d'induction appréciables et pouvant gêner le service. A cet effet, dans la guérite de la ligne souterraine, à Juvisy, j'ai installé, un jour qu'il faisait beau et que les fils étaient bien isolés, un appareil Hughes sur le fil 147, mis à la terre à Juvisy même, et pendant plus d'une demi-heure j'ai reçu parfaitement toutes les transmissions de Paris pour Florence effectuées par le fil 45 qui était voisin du 147 entre Juvisy et Mâcon. En faisant entrer le courant de ligne successivement par chacune des extrémités du fil des bobines, je me suis assuré que les courants qui faisaient marcher l'appareil étaient dus à l'induction et non à des dérivations. Lorsque Florence transmettait à Paris par le 45, il se manifestait aussi des courants d'induction sur le 147, mais ils étaient beaucoup plus faibles que lorsque c'était Paris qui transmettait à Florence. La théorie de la propagation de l'électricité permet de se rendre compte de cette différence. Entre Paris et Mâcon il existait sur ces deux fils, dans la

* Ces résultats donnent un moyen de reconnaître si la terre d'un poste est bonne ou mauvaise. Il suffit pour cela d'avoir à sa disposition deux condensateurs ou un condensateur et un fil souterrain assez long; le premier condensateur est relié à une forte pile par l'intermédiaire d'un interrupteur; le second est, par l'intermédiaire d'un galvanomètre très-sensible ou d'un appareil à électro-aimant polarisé, relié au deuxième pôle de la pile, qui communique lui-même avec la terre du poste, la terre des condensateurs étant différente. Quand, en envoyant des courants sur le premier condensateur, l'appareil placé sur le second ne marche pas, la terre du poste est bonne; elle est trop résistante quand cet appareil fonctionne.

traversée de Dijon, des conducteurs souterrains ayant environ 1.000 mètres de longueur; mais les expériences précédentes avaient montré que l'induction sur cette partie n'aurait pu donner que des courants très-faibles; les courants induits qu'on observait étaient donc presque uniquement dus aux parties aériennes des fils. A la même époque j'ai également constaté de la même manière une assez forte induction entre les fils 211, Paris-Montpellier, et 221, Paris-Toulouse, voisins sur les mêmes poteaux entre Juvisy et Limoges, et n'ayant aucune partie souterraine sur toute cette section.

En 1873 j'ai repris ces expériences sur plusieurs fils, et notamment sur les fils 147 et 151 qui alors étaient voisins sur les mêmes poteaux, entre Marseille et Lyon. J'ai opéré de la même manière que précédemment, à l'aide de l'appareil Hughes. En me plaçant à Marseille et installant cet appareil sur le 147, coupé à Lyon, je recevais (lorsque l'appareil était réglé convenablement) presque toutes les transmissions de Marseille pour Paris, faites par le 151. Ces expériences ont été faites d'abord quand les sections souterraines de Marseille et de Lyon étaient dans le circuit du fil 147, puis quand ces parties souterraines étaient enlevées; les résultats étaient à peu près les mêmes dans les deux cas. Comme dans le second, il n'y avait dans le circuit du 147 que 1 kilomètre environ de ligne souterraine (placée à Vienne), il est certain que les phénomènes d'induction étaient dus presque entièrement aux parties aériennes des conducteurs. Lorsque, au contraire, Paris transmettait à Marseille par le 151, les phénomènes d'induction n'étaient pas appréciables à mon appareil d'expériences, ce qui se conçoit facilement d'après le mode de propagation des courants pendant la période variable.

Il a été observé également, en faisant couper le fil 147 successivement à Valence et à Avignon, que l'induction diminuait avec la longueur. Quand la coupure était faite à Avignon, l'appareil d'expériences ne fonctionnait presque plus. Ces résultats relatifs à l'induction entre les fils 147 et 151 sont d'ailleurs depuis longtemps confirmés par la pratique. A Marseille, on peut, en effet, travailler rarement avec le Hughes sur ces deux conducteurs à la fois, tandis qu'avec le Morse le travail simultané est toujours possible par ces deux mêmes fils. Les courants d'induction n'ont pas assez de durée pour faire marcher ce dernier appareil, tandis qu'ils sont assez longs pour produire le mouvement de l'armature du Hughes et faire fonctionner cet appareil.

Pour essayer de diminuer ces courants d'induction, j'avais établi dans les guérites de coupure de Vienne et de Valence des dérivations à la terre sur le fil 147, et dans les guérites de coupures de Serves et d'Avignon des dérivations à la terre sur le fil 151. Chacun d'eux avait ainsi deux dérivations à la terre par l'intermédiaire de résistances très-grandes (elles étaient faites d'un mélange de paraffine et de charbon), de sorte que l'intensité des courants envoyés sur ces fils n'était pas sensiblement diminuée. Malheureusement, l'une de ces résistances s'étant détériorée, j'ai dû les faire enlever avant d'avoir pu constater leur effet.

NOTE

SUR LES

VIBRATIONS DES RÉCEPTEURS A MIROIR.

L'attention de la Société des ingénieurs télégraphiques de Londres a été appelée récemment, par M. Graves, sur les vibrations du *spot* lumineux des récepteurs à miroir, servant à la transmission sur les câbles atlantiques. Ces vibrations ont été attribuées, par un membre distingué de la Société, M. Preece, à la polarisation des plaques de terre, polarisation d'où résultent des courants de sens opposé et faibles, mais suffisants pour rendre compte des mouvements de l'aiguille aimantée *.

* Extrait du *Telegraphic Journal*, numéro du 1er avril :

« M. Graves appelle l'attention de la Société sur les grandes difficultés que l'on a éprouvées primitivement dans les transmissions par les câbles atlantiques, en raison des vibrations de l'index lumineux du récepteur à miroir et que l'on a finalement reconnu être dues à la polarisation des plaques de terre. Les différentes terres avaient été disposées dans les meilleures conditions possibles, pour éviter les influences réciproques des différents câbles ; mais, après des expériences multipliées, on reconnut que ces vibrations provenaient des terres, quelque combinaison que l'on employât. On ne parvint à s'en débarrasser qu'en prenant la terre sur l'armature extérieure du câble. Cette armature se trouvant à une grande distance du bureau télégraphique, la question fut examinée avec soin et l'on se décida à prendre la terre de chaque câble sur son armature extérieure ; en conséquence, on fut obligé d'amener du bureau à la guérite d'atterrissement un fil de terre spécial pour chaque câble......

« Dans la discussion qui suivit la lecture de cette note, les effets constatés par M. Graves furent expliqués par M. Preece, qui les attribua à un simple effet de polarisation des différentes plaques de terre, d'où résultent de faibles courants de sens opposé, produisant de petits, mais constants mouvements de l'index lumineux. »

Le même phénomène a été observé, au mois de décembre dernier, à Marseille, sur le câble d'Alger. Les études que j'en ai faites, d'après les ordres de M. l'inspecteur général Ailhaud, ne me permettent pas d'adopter ces conclusions. L'envoi alternatif des courants positifs et négatifs semble déjà exclure, pour les plaques de terre, la possibilité de se polariser d'une façon sensible. En outre, les vibrations ont été observées à Marseille, pour la première fois, sur un câble posé depuis plus de trois ans, et étaient intermittentes; elles apparaissaient souvent lorsque aucun courant n'avait été envoyé dans le câble depuis une heure ou deux, et persistaient ensuite pendant un temps également fort variable, mais dépassant parfois une heure.

Mes expériences ont été faites à la guérite du Prado, où atterrit le câble d'Alger. Une ligne souterraine armée de fils de fer, et d'environ 5 kilomètres de longueur, fait suite au câble jusqu'au bureau télégraphique de Marseille; la terre servant aux appareils de transmission et de réception était prise sur l'armature de cette ligne. A cette même guérite aboutit le câble de Barcelone, prolongé en ville par une ligne souterraine juxtaposée à la première.

Le 6 janvier 1875, j'intercalai, au Prado, sur le câble d'Alger, un récepteur à miroir; la ligne souterraine, à Marseille, fut mise successivement en communication directe avec les diverses terres dont je disposais : 1° la terre du câble de Barcelone prise sur l'armature de la ligne souterraine soudée à l'armature du câble, et sur les conduites de gaz de la ville, que les représentants de la Compagnie « India-rubber, gutta-percha and Telegraph works » m'avaient gracieusement prêtée; 2° l'armature de la ligne souterraine de Marseille au Prado (câble

d'Alger); 3° la terre ordinaire du bureau de Marseille; 4° une corde composée de trois fils de fer neufs de 4 millimètres de diamètre, et que je fis plonger dans un puits voisin du bureau, mais où n'aboutissait aucun autre fil de terre; 5° enfin l'armature du câble d'Alger. Après chaque observation, le récepteur à miroir était remplacé par un galvanomètre à miroir astatique, très-sensible, où les mouvements étaient considérablement amplifiés. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessous :

NOMS DES TERRES.	EFFETS PRODUITS sur le récepteur à miroir.	DÉVIATIONS au galvanomètre Thomson.
Terre du câble de Barcelone.	Point de vibrations.	50 divisions, S 1/99 *.
Terre de la ligne souterraine du Prado.	Vibrations très-faibl.	36 divisions, S 1/99.
Corde de fer neuve. .	Vibrations.	40 divis., S 1/99, en moyenne, avec des écarts de 50 div. à droite et à gauche de cette position.
Terre ordinaire du bureau de Marseille.	Vibrations.	40 div., S 1/99, avec des écarts de 40 à 60 divisions.
Terre prise sur l'armature du câble d'Alger.	Point de vibrations.	55 divisions, S 1/99.

* S (shunt) 1/99 veut dire avec la dérivation 1/99.

La constante du galvanomètre Thomson, pour l'élément Léclanché, étant de 97 megohms et la résistance du câble d'Alger de 5.500 ohms, on voit facilement que la force électromotrice du courant qui imprimait à l'aiguille une déviation de quarante divisions (S 1/99), correspond à environ 1/3 d'élément Daniell.

Les expériences faites les jours suivants ont donné des résultats analogues. Le galvanomètre accusait, dans tous

les cas, l'existence d'un courant dont l'intensité était tantôt fixe, tantôt variable, et les vibrations se produisaient infailliblement lorsque la terre était prise sur la corde neuve ou sur la plaque de terre ordinaire du bureau de Marseille. Les vibrations du *spot* lumineux ne peuvent dès lors être attribuées qu'aux variations de ce courant, jointes à l'élasticité du fil de suspension du miroir.

Le courant lui-même me paraît devoir être attribué à deux causes principales : 1° la différence de potentiel existant entre les deux points de la terre où plongent les plaques de terre et d'où résultent les courants dits *terrestres*. Dans l'état actuel de la science, on ne peut émettre que des conjectures sur les causes premières de ces courants : les lois de leurs variations mêmes, liées sans aucun doute aux mouvements de l'aiguille aimantée, nous sont encore inconnues ; 2° la différence d'attaque chimique des terres sur les plaques de terre. Je m'étais proposé d'employer, comme plaques de terre, des feuilles métalliques platinées pour éliminer les effets qui pouvaient être dus à cette seconde cause. Mais M. Ailhaud ayant prescrit de souder solidement l'armature de la ligne souterraine sur celle du câble d'Alger, les vibrations qui gênaient le travail des transmissions disparurent, et j'interrompis mes expériences.

Toulon, le 26 avril 1875.

WUNSCHENDORFF,
Sous-inspecteur des lignes télégraphiques.

CHRONIQUE.

Télégraphie sous-marine. — Le *Faraday* est parti de Londres le 5 avril, pour achever la pose du câble direct des États-Unis. D'après le *Telegraphic Journal* du 15 mai, il aurait réussi à ressaisir le câble et à échanger des signaux avec l'Irlande, mais cette nouvelle ne serait pas encore officielle.

L'*Ambassador*, qui avait remplacé le *La Plata* pour l'achèvement de la ligne Platino Braziliera, vient de terminer heureusement ses opérations par la pose du câble de Rio-Grande à la rivière Chuy, sous la direction de M. F. C. Webb, appelé par MM. Siemens à succéder à l'infortuné M. Ricketts, mort dans le naufrage du *La Plata*.

La Compagnie « Central American Telegraph » fait connaître qu'elle a reçu la nouvelle de la pose des lignes de Para à Cayenne et à Demerara, de la pointe de la Trinité à Sainte-Croix et à Porto-Rico, ce qui fait une communication directe entre le Brésil, les Indes Occidentales et l'Amérique du Nord. Ces lignes doivent être exploitées par la compagnie « West India and Panama ».

Angleterre. — Le *Telegraphic Journal* annonce la mort de M. Becker, de la maison Elliott frères, bien connu comme habile constructeur d'instruments de physique et notamment d'appareils de mesure électrique. M. Becker, né dans le grand-duché de Mecklembourg-Strelitz, en 1822, avait étudié sa profession à Hambourg, puis à Vienne avec M. Steinheil, avant d'être attaché à la maison Elliott de Londres. Il joignait à l'habileté pratique du mécanicien les connaissances physiques les plus étendues : les fonctionnaires de l'administration française qui se sont trouvés en rapport avec lui, ont toujours eu à se louer de son urbanité et de sa complaisance.

Cochinchine. — Par ordre de l'amiral-gouverneur de la Cochinchine, une ligne va être construite de Phnun-Penh (Cambodge) à Tayninh. Cette ligne, de 150 kilomètres environ, traverse un pays à peine connu. M. Demars, chef du service télégraphique de la Cochinchine et du Cambodge, est parti le 30 mars accompagné de M. Blanchard de la Brosse, commis principal, pour faire les études préliminaires. Son absence sera d'un mois environ et M. Leclerc, directeur des transmissions, prendra pendant ce temps la gestion du service.

La canonnière « *le Glaive* » a été mise à la disposition du service télégraphique de la colonie pour les opérations de pose et de réparation des câbles sous-fluviaux. 9.000 mètres de ces câbles ont été ainsi remplacés dans le courant de janvier.

M. Blanchard de la Brosse a tué une tigresse à quelques centaines de mètres de la station télégraphique du cap Saint-Jacques. C'est le troisième animal de cette espèce que ce fonctionnaire a détruit dans ces parages depuis un an.

Sénégal. — On sait que dans le courant des mois de janvier et février 1875, la colonie a été attaquée par un marabout, roi d'une contrée voisine du Cayor. La ligne de Dakar n'a pas été interrompue, mais celle de Dagana a été coupée par un chef révolté et trente poteaux ont été brûlés.

La Télégraphie en Chine.

Lors de l'invasion de l'île de Formose par les Japonais en 1874, le gouvernement chinois projeta l'établissement de trois lignes télégraphiques jugées nécessaires pour l'organisation de la défense du territoire de l'île.

Ces lignes devaient relier :

1° Foutchéou à Taé-ouan-fou, capitale de l'île de Formose ;

2° Le nord et le sud de l'île ;

3° Foutchéou à Amoy.

Des négociations furent entamées avec la compagnie danoise du « *Great Northern Telegraph* » pour la construction de la ligne du littoral de Formose et pour la pose d'un câble sous-

marin entre Foutchéou et Taé-ouan-fou. Un traité fut signé à ce sujet entre le défenseur de l'île et la compagnie, mais ce traité ne fut pas ratifié par le gouvernement chinois, et l'affaire en resta là.

D'un autre côté, il y avait pour la compagnie un intérêt de premier ordre à ce que le port de Foutchéou, le plus grand entrepôt des thés de la Chine, fût mis en communication directe avec la station d'Amoy et par suite avec Londres; elle sollicita donc la concession de la troisième ligne, de Foutchéou à Amoy. A ce moment les Japonais occupaient tout le territoire de l'île de Formose et menaçaient la côte du Fokien. Les mandarins ne pouvaient organiser la défense qu'en demandant à l'Europe les ressources d'armement qui leur étaient nécessaires. La ligne qu'on leur proposait devait leur donner à cet égard toutes facilités; aussi n'hésitèrent-ils pas à autoriser l'ingénieur de la compagnie à se rendre par terre de Foutchéou à Amoy pour étudier le tracé de la ligne. Ils lui adjoignirent un mandarin du « *Comité des affaires européennes de Foutchéou* » qui eût mission de s'assurer des dispositions des populations de l'intérieur, d'annoncer l'arrivée des employés et ouvriers de la compagnie et de leur ménager bon accueil.

Au bout d'un mois, le tracé de la ligne était arrêté ; les travaux d'étude s'étaient accomplis sans difficulté d'aucune sorte, et le mandarin délégué par le comité des affaires européennes de Foutchéou déclarait à son retour que les populations chinoises ne lui avaient pas paru hostiles à l'entreprise nouvelle.

Les négociations pour la concession de la ligne furent alors reprises activement: la compagnie demandait pour trente années l'exploitation de la ligne qui, à l'expiration de ce terme, deviendrait la propriété du gouvernement chinois. Celui-ci se réservait d'ailleurs la faculté de racheter la concession quand il le jugerait convenable.

Ces conditions parurent convenir aux autorités chinoises. La compagnie, croyant au succès final de ses démarches, ne perdit pas de temps et fit venir à Foutchéou le matériel et le personnel nécessaires à l'établissement de la ligne. Les travaux furent poussés activement, et le 21 janvier dernier 50 milles de la ligne furent complétement terminés.

Pendant que les travailleurs de la compagnie pénétraient hardiment dans l'intérieur du pays, l'acte de concession était présenté à la signature des mandarins. Ils en acceptèrent les clauses en principe, mais ils demandèrent quelques modifications de rédaction. Un second acte fut préparé ; il souleva de nouvelles objections et ne fut pas signé.

Le temps s'écoulait et les dispositions des mandarins paraissaient se modifier; les renseignements qui leur parvenaient du Nord leur faisaient sans doute pressentir un arrangement pacifique avec le Japon. En effet, quelque temps après ils recevaient de Pékin la nouvelle officielle de la conclusion de la paix.

Le comité des affaires européennes eut un nouveau chef qui remit tout en question et refusa de reconnaître les engagements pris avant son arrivée aux affaires.

Les rapports entre les autorités chinoises et la compagnie s'aigrirent et celle-ci apprit bientôt que le vice-roi de la province avait fait donner l'ordre de s'opposer à ce que les travaux de la ligne fussent continués, et que même elle était mise en demeure de détruire les 50 milles de ligne déjà établis.

La compagnie n'eut pas un seul instant l'idée de se conformer à cette injonction, mais elle interrompit ses travaux pendant quelques jours afin de voir quelle attitude allaient prendre les autorités chinoises. Celles-ci se sont abstenues de toucher à la ligne et l'on put croire un moment qu'elles avaient reçu de Pékin des instructions à ce sujet. La compagnie avait dès les premiers jours averti les mandarins qu'elle réclamerait une indemnité de 4.000 francs par jour pendant la période de chômage qui lui serait imposée.

De nouvelles démarches furent tentées auprès des mandarins, dont l'opposition resta inébranlable; la compagnie se décida alors à reprendre ses travaux, mais les ouvriers durent bientôt s'arrêter devant l'emploi de la force. Les poteaux télégraphiques furent renversés et une partie de la ligne fut démolie. Devant cet acte de violence, la compagnie a fait replier ses ateliers et elle renonce provisoirement à la continuation des travaux.

Il faut espérer qu'on arrivera à triompher du mauvais vouloir des hauts dignitaires de la province et que le projet

pourra être repris. Dès à présent, il y a ce fait considérable acquis à la cause générale du progrès, que des ouvriers européens ont pu construire 50 milles de ligne télégraphique dans une des provinces les moins avancées de la côte de la Chine, sans rencontrer la moindre difficulté de la part de la population indigène. La compagnie a au contraire trouvé les paysans tout disposés à lui vendre les parcelles de terrain dont elle avait besoin pour planter ses poteaux et établir ses maisons de garde, échelonnées tous les 4 kilomètres.

(Renseignements extraits de documents communiqués par le département des affaires étrangères.)

Les Télégraphes en Italie.

Le rapport statistique sur les lignes télégraphiques du royaume durant l'année 1873 montre une fois de plus dans quelle excellente situation se trouve cet important service.

Nous donnerons tout de suite une idée des immenses développements qu'il a pris depuis la constitution de l'Italie, lorsque nous aurons résumé brièvement un tableau graphique qui fait partie du rapport et qui met sous les yeux la marche croissante de cette branche de l'administration publique.

En 1861, la longueur des lignes télégraphiques était de 8.000 kilomètres; fin 1873, ce chiffre s'est trouvé porté à 22.000 kilomètres.

Le développement des fils, en 1861, était de 13.000 kilomètres; à la fin de 1873, il était de 70.000 kilomètres.

En 1861, on comptait 225 bureaux et 400 appareils; à la fin de 1873, il y avait 1.625 bureaux et 2.800 appareils.

En 1861, le nombre des télégrammes expédiés par le gouvernement était de 180.000 par an; à la fin de 1873, il était de 300.000. Ce chiffre, on le voit, n'a subi qu'une augmentation relativement minime, et il faut s'en féliciter, car les lignes sont ainsi plus complétement à la disposition du public. Par contre, les télégrammes privés se sont accrus dans une très-forte proportion. On en avait expédié 600.000 à la fin de 1861, durant l'année 1873 en en expédia 5.040.000.

Le produit effectif des télégraphes qui à la fin de 1861 était de 1.200.000 francs, à la fin de 1873 s'élevait à 7.500.000 francs. Les dépenses ordinaires, durant la même période de temps, se sont élevées de 3.300.000 francs à 5.400.000 francs.

Et maintenant que nous avons fait comprendre la marche suivie par les télégraphes italiens pendant les douze premières années qui ont suivi la constitution du pays, renfermons-nous dans des limites plus étroites et analysons rapidement les progrès obtenus durant l'année 1873, comparée à l'année précédente.

Le réseau télégraphique italien, dans le cours de cette année 1873, s'est augmenté de 697 kilomètres de ligne et de 2.348 kilomètres de fils.

122 nouveaux bureaux ont été ouverts au service public; 75 nouveaux appareils ont été installés dans les anciens bureaux.

Le nombre des télégrammes a subi une augmentation de 681.246 ; les opérations télégraphiques aux appareils (par là on entend surtout les transmissions de télégrammes passant en transit) de 16 millions et demi se sont élevées à 18 millions environ.

Le service des mandats télégraphiques, de concert avec l'administration des postes qui y a la plus grande part, a été étendu à tous les bureaux, et l'augmentation du nombre des mandats a été de 34.000, tandis que leur valeur s'est accrue de 9.500.000 francs.

La valeur du capital de l'administration télégraphique, de 13.600.000 francs à 14.250.000 francs.

L'intérêt que ce capital a donné durant l'année 1873, où le bénéfice net s'élève à 2.113.746 fr. 86, s'est trouvé être presque de 14 p. 100.

Enfin, comme la dépense est de 71 fr. 89 pour 100 francs de produit effectif, on a réalisé sur cette dépense une économie de 2 fr. 82, si on la compare à celle de 1872, qui était déjà plus faible que celle de toutes les administrations européennes, à l'exception des administrations suédoise et bavaroise.

Ces chiffres donnés, il est intéressant de suivre le rapport du commandeur E. d'Amico, directeur général des télégra-

phes, dans les nombreuses explications qu'il donne au sujet de la marche de son service en 1873.

Cette année fut signalée par une importante nouveauté, l'admission des femmes dans les bureaux télégraphiques, ou plutôt l'étude de cette question, qui ne fut résolue que plus tard. Dans son rapport, M. d'Amico mentionne l'avis du chef de l'administration anglaise qui, pour des raisons d'économie et de convenance, est très-favorable à l'emploi des femmes. Or, en Angleterre, l'expérience a été faite sur une large échelle puisque, dans le seul bureau central de Londres, on compte 700 femmes sur 1.200 employés.

Il est bon de noter qu'aucun employé n'a vu ni ne verra sa position et ses chances d'avancement subir un changement par suite de l'admission des femmes. Le poste confié à ces dernières ne pouvait convenir à des hommes, car les émoluments sont trop faibles et les auraient condamnés à une vie de privations ou les auraient amenés à trahir leur mandat.

L'administration, en 1873, a installé à Bari, Bologne, Cagliari, Florence, Gênes, Messine, Milan, Naples, Palerme, Rome, Turin et Venise des écoles qui constituent de véritables pépinières pour le service, et où les employés reçoivent une instruction pratique et théorique qu'on ne pouvait donner dans les bureaux et qui manquait à nombre de vieux employés. Des étrangers à l'administration peuvent être admis dans ces écoles et recevoir, le cas échéant, un certificat qui leur permette d'entrer dans le service télégraphique des chemins de fer.

En 1873, l'administration avait 3.873 employés qui ont pris chacun en moyenne trois jours de congé; les jours d'absence pour cause de maladie sont, en moyenne, de six par employé. Ce dernier chiffre s'explique par le fait que 56 employés étaient en congé pour raisons de santé.

L'augmentation du développement des fils a permis de mettre en communication directe divers centres importants, ce qui est une condition indispensable de rapidité dans la transmission des dépêches. C'est ainsi que Gênes eut une communication directe avec Nice, Florence, Marseille, Venise, Turin, Naples, etc.; d'autres centres, au lieu d'une communication directe, en eurent deux.

L'administration, par suite du développement des circuits, a établi dans les principaux centres des appareils spéciaux et fort délicats pour rechercher les causes des perturbations. Des observations périodiques sont faites et consignées dans des registres spéciaux.

Maintenant, quelques chiffres à la suite des notes qui précèdent : Le nombre de kilomètres de ligne est de 20.192, et celui des kilomètres de fil est de 69.353, y compris les lignes et les fils des compagnies de chemins de fer. L'Italie a 296.306 kilomètres carrés d'extension, ce qui donne une moyenne de 15 kilomètres carrés par kilomètre de ligne et 4 kilomètres carrés par kilomètre de fil.

C'est dans la Ligurie que la moyenne est la meilleure : 9 kilomètres carrés par kilomètre de ligne, et 2 par kilomètre de fil; c'est en Sardaigne qu'elle est la plus défavorable : 25 kilomètres carrés par kilomètre de ligne, et 16 par kilomètre de fil.

Si nous comparons les chiffres donnés plus haut à ceux qu'indique le rapport existant dans les divers pays entre les kilomètres carrés de territoire et les kilomètres de lignes ou de fils télégraphiques, nous trouvons que l'Italie est sur le même rang que l'Allemagne et vient après la France et l'Autriche (11 kilomètres carrés pour 1 kilomètre de ligne, 4 kilomètres carrés pour 1 kilomètre de fil) qui, elles-mêmes viennent après la Belgique et la Suisse. Après l'Allemagne et l'Italie, nous trouvons la Hongrie et l'Espagne, de beaucoup la plus arriérée de toutes les puissances.

La moyenne quotidienne des télégrammes passant sur chaque fil est de 73 en Hongrie, 68 en Italie, 62 en Espagne, 47 en Suisse et 34 en Belgique. La moyenne quotidienne du travail pour chaque fil s'est, chez nous, accrue de 5 télégrammes c'est-à-dire plus que partout ailleurs, ce qui démontre la nécessité d'augmenter l'extension de nos fils.

En 1873, la foudre a frappé 296 fois les lignes ou appareils, touchant 1.028 poteaux et 140 appareils; cela donne une moyenne d'un coup de foudre par longueur de 66 kilomètres de ligne.

Pendant la même année, on a employé pour la manuten-

tion des lignes, 12.453 poteaux, 35,076 kilomètres de fil, 72.665 isolateurs et 17.935 porte-isolateurs.

Grâce à une convention avec une compagnie anglaise, dont les vicissitudes seraient trop longues à raconter, l'administration italienne est devenue gratuitement propriétaire d'un fil télégraphique traversant toute l'Italie, de Turin à Modica, et d'un cordon à trois conducteurs à travers le détroit de Messine. L'Italie, en même temps, été reliée gratuitement aussi à l'Égypte par un cordon sous-marin.

Chaque bureau télégraphique dessert en moyenne cinq communes. On en compte un pour 181 kilomètres carrés et pour 16.402 habitants. Le pays le plus favorisé à cet égard est encore la Ligurie.

Sait-on ce que consomment les piles télégraphiques? En 1873 elles ont nécessité 8.078 vases de verre, 34.000 kilogrammes de zinc, 24.000 de sulfate de cuivre; ajoutons 24.000 kilogrammes de bandes de papier pour les appareils, et 150.000 kilogrammes d'imprimés pour l'expédition des télégrammes.

Un point important, et qui intéresse vivement le public, est celui qui concerne le temps moyen employé par chaque télégramme pour parvenir à destination. Or, d'un tableau que contient le rapport du commandeur d'Amico, il résulte que ce temps moyen a subi une forte diminution dans l'année 1873. Aussi, bien que le nombre des télégrammes expédiés ait été supérieur à celui de 1872, l'administration n'a reçu que 553 réclamations par suite de retards, alors qu'elle en avait reçu 637 en 1872; les réclamations à la suite d'erreurs ont été moindres encore; 458 sont parvenues à l'administration; en 1872, avec un nombre de télégrammes moindre, elle en avait reçu 619. Ceci prouve l'amélioration du service.

La région qui expédie le plus grand nombre de télégrammes est la Ligurie: 1 télégramme pour 2 habitants; celle qui en expédie le moins est la région des Abruzzes et de Nolise, 1 télégramme par 20 habitants. Notons qu'il y a progrès presque partout; la moyenne générale pour le royaume, qui était, en 1872, de 1 télégramme pour 7 habitants, était, en 1873, de 1 télégramme pour 6 habitants.

La région qui a le plus de relations avec l'étranger est la Ligurie; la Lombardie la suit de près. Les régions qui en ont

le moins sont les Abruzzes, la Basilicate, les Calabres et l'Ombrie.

Voici maintenant quelle place occupe chaque pays dans la correspondance télégraphique de l'Italie avec l'étranger : la France, 35 p. 100; l'Autriche, 24 p. 100; la Grande-Bretagne, 12 p. 100; l'Allemagne et la Suisse, de 9 à 15 p. 100; la Belgique, les Pays-Bas, la Russie et la Turquie, de 5 à 10 p. 100. Enfin, viennent l'Algérie, Tunis, l'Amérique, le Danemark, l'Égypte, la Grèce, le Portugal, la Perse, la Norwége, la Roumanie, l'Espagne, etc., avec moins de 1 p. 100.

L'augmentation des télégrammes en transit a été, pour 1873, de 26.546.

Tel est, fort résumé, le très-intéressant rapport du commandeur d'Amico. Nous avons dû laisser de côté bien des indications précieuses. De l'ensemble de ce travail, il n'en résulte pas moins que l'administration des télégraphes italiens fait de constants progrès, qu'elle donne un produit net de plus de 2.100.000 francs, et cela bien qu'elle réalise constamment des améliorations importantes.

(*Journal officiel.*)

Électro-aimant à tubes de fer concentriques

De M. J. Camacho.

Les *Comptes rendus* de l'Académie des sciences en donnent la description suivante (8 février 1875) :

« Le nouvel électro-aimant a été construit en vue d'obtenir, avec des courants relativement faibles, des effets dynamiques très-considérables.

« Chacun des noyaux est formé d'une série de tubes concentriques, laissant entre eux un intervalle à peu près égal à leur épaisseur; sur chacun des tubes est enroulé, toujours dans le même sens, un fil de cuivre isolé, l'épaisseur de la couche de fils étant plus grande sur le tube extérieur.

« Les extrémités du fil correspondant à chaque tube traversent la culasse métallique et sont réunis de manière à ne former qu'un seul et unique conducteur, disposé de la façon

suivante : le fil, après s'être enroulé sur l'un des deux tubes extérieurs, passe sur le tube intérieur le plus voisin de ce dernier, puis sur le tube concentrique au précédent, et ainsi de suite jusqu'au tube central de ce noyau ; puis le fil, après avoir longé la culasse, s'enroule alors autour du tube central du second noyau, à l'intérieur duquel il suit une marche inverse de la marche indiquée pour le premier noyau, c'est-à-dire que, après s'être enroulé successivement et dans le même sens sur chacun des tubes concentriques, en passant du plus petit au plus grand, il sort enfin après avoir enveloppé le tube extérieur de ce second noyau.

« Le diamètre du tube extérieur est de 12^{mm},5, et l'épaisseur des tubes concentriques, qui sont au nombre de quatre, est d'environ 6 millimètres ; le fil de cuivre isolé présente un diamétre de 1^{mm},8, et le nombre des spires de fil enroulé est de sept à l'extérieur et de deux seulement entre chacune des séries de tubes concentriques formant noyaux ; dans ces conditions, la hauteur des noyaux étant de 20 centimètres, la lon-longueur totale du fil est d'environ 600 mètres ; son poids correspondant à cette longueur est de 11^{kg},500, et le nombre total des tours est de 2.000.

Voici les résultats de quelques expériences faites avec cet électro-aimant :

« En employant le courant de dix éléments Bunsen, de grandeur ordinaire, au bichromate de potasse, la force attractive de l'électro-aimant, à une distance de 12^{mm},5, est de 713 kilogrammes, et le temps nécessaire au développement de l'aimantation pour soulever ce poids est de 1^{s},33.

Si l'on coupe les fils qui passent d'un noyau à l'autre de l'électro-aimant, qu'on lie ensuite les quatre extrémités libres en croix, c'est-à-dire que l'extrémité inférieure du fil du noyau de droite soit liée à l'extrémité supérieure du fil du noyau de gauche, et le fil supérieur du noyau de droite au fil inférieur de gauche ; si l'on fait alors passer le courant de ces mêmes dix éléments, mais associés en deux séries parallèles de cinq éléments chacune, on voit que la puissance de l'électro-aimant n'a pas changé, mais que le temps nécessaire à l'aimantation se réduit au quart, soit 0,33 de seconde.

« Enfin, si l'on recouvre chacune des deux bobines de

l'électro-aimant d'une rondelle en fer doux, qui relie ainsi la partie supérieure des quatre noyaux concentriques qui les constituent, l'électro-aimant perd de sa puissance et se retrouve dans les conditions d'un électro-aimant ordinaire à noyau plein. »

M. Culley écrit au *Philosophical magazine* (avril 1875) qu'en 1852, feu M. Richard Roberts lui a montré, à Manchester, un électro-aimant composé d'un certain nombre de cubes en fer emboîtés les uns dans les autres, et formant une série d'âmes : chacune de ces âmes était entourée de fil de cuivre, de manière à constituer une série d'électro-aimants réunis par une culasse commune. Cette disposition offrait une grande puissance eu égard à ses dimensions.

D'un autre côté, en janvier 1872, M. A. Perrin, surnuméraire de l'administration à Cherbourg, dans un mémoire relatif à l'application des courants induits à la télégraphie qu'il avait adressé à l'administration, proposait la forme suivante, identique à celle de M. Camacho : « Pour augmenter la puissance des électro-aimants, j'ai apporté à ceux-ci une modification importante. Le cylindre de fer doux qui traverse les bobines, au lieu de se composer d'un simple noyau, est formé de trois ou d'un plus grand nombre de cylindres annulaires verticaux sur lesquels s'enroule le fil de ligne. — On conçoit aisément que cette disposition doive offrir une plus grande surface à l'action du courant sur le fer doux; par suite il en résultera une aimantation plus forte pour une même intensité de courant. En outre, on peut augmenter le nombre des tours du fil de ligne en augmentant aussi le nombre des cylindres de fer doux. »

Sur une nouvelle source d'électricité.

M. Donato Tommasi adresse à l'Académie la note suivante :

« Lorsqu'on fait passer un courant de vapeur d'eau sous une pression de 5 à 6 atmosphères à travers un tube de cuivre ayant 2 à 3 millimètres de diamètre et roulé en spirale autour d'un cylindre de fer, celui-ci s'aimante si bien qu'une aiguille en fer, placée à quelques centimètres de distance de l'*aimant-*

vapeur, est attirée vivement et reste magnétisée pendant toute la durée du passage du courant de vapeur d'eau à travers le tube de cuivre. »

(*Comptes rendus*, séance du 19 avril 1875.)

M. Maumené fait, à ce sujet, les observations suivantes :

« L'expérience importante de M. Donato Tommasi me paraît devoir être interprétée par une considération très-différente de celle de l'auteur. La chaleur n'agit pas là de manière à constituer une « nouvelle source de magnétisme ». Elle produit de l'électricité, un courant thermo-électrique, et c'est ce courant qui développe le magnétisme observé. Le courant est produit par la différence des températures entre la surface intérieure de la spirale de cuivre traversée par la vapeur et la surface extérieure exposée à l'air.

« M. D. Tommasi doit renverser le courant et par suite les pôles, en faisant agir la chaleur de manière à chauffer les surfaces extérieures et entretenir les surfaces intérieures plus froides. Il suffit, pour cela, de loger la spirale dans une boîte métallique où il ferait passer de la vapeur, et en même temps de faire couler de l'eau par l'intérieur de la spirale.

« La chaleur dissipe le magnétisme, comme on le sait; il paraît impossible de la faire servir par elle-même à le développer; mais l'expérience remarquable de mon habile confrère s'explique tout naturellement par l'interprétation que j'ai cru devoir soumettre à l'Académie. »

(*Comptes rendus*, séance du 3 mai.)

Application du Réélectromètre
aux paratonnerres et aux parafoudres des télégraphes,

Par M. Melsens.

(*Bulletin de l'Association scientifique de France.*)

Je crois devoir indiquer, pour le contrôle et l'enregistrement des phénomènes électriques produits par des étincelles, le réélectromètre de Marianini. Je l'applique en permanence pour les paratonnerres et pour les parafoudres des télégraphes électriques, ou commutateurs à paratonnerres, établis dans chaque bureau télégraphique.

La présente notice n'a d'autre but que de prendre date pour cette application et de montrer, autant qu'il m'est permis de le faire, l'importance de la question, surtout au point de vue météorologique.

Quelques mots suffiront pour rappeler cet appareil trop peu appliqué, trop peu apprécié même pour les cours; il permet de faire à l'amphithéâtre des expériences très-saisissantes et très-démonstratives. Sur un tube de carton ou sur un tube de verre on enroule un fil de cuivre formant ainsi une hélice *dextrorsum* ou *sinistrorsum;* on place au-dessus de l'hélice, en la suspendant à différentes hauteurs par un cocon de soie sans torsion, une aiguille aimantée sensible; je préfère la placer sur un axe vertical quand il s'agit de se servir de l'appareil pour l'usage des paratonnerres et parafoudres télégraphiques; dans l'axe de l'hélice, à l'intérieur du tube de verre ou de carton, on introduit un faisceau de fils de fer, un cylindre de fer ou, ce qui m'a paru préférable, l'hélice n'ayant qu'environ 10 centimètres de longueur, la moitié d'une grosse aiguille à tricoter en acier; ce barreau peut être recuit ou trempé, mais il doit être absolument privé de magnétisme; on peut préparer une hélice très-sensible en employant pour la fabriquer 1 ou 2 mètres de fil de cuivre de $0^{mm},8$ à $0^{mm},5$ de diamètre; 50 ou 100 spires suffisent.

L'aiguille aimantée se plaçant dans le plan du méridien magnétique, on dispose l'appareil de telle facon que l'hélice, au-dessus de laquelle se trouve l'aiguille aimantée, lui soit exactement perpendiculaire; l'une des pointes de l'aiguille dans cette position peut marquer sa déviation sur un demi-cadran gradué en 180 parties et coïncide d'abord avec le zéro qui se trouve au centre du cadran.

Si une étincelle d'une machine électrique ordinaire, d'une bouteille de Leyde, ou de la machine de Holtz, armée ou non de ses bouteilles en cascade, passe par le fil de l'hélice, elle aimante le petit cylindre intérieur fixe; celui-ci, réagissant par influence sur l'aiguille aimantée mobile dans un plan horizontal, la dévie à droite ou à gauche du zéro, ce qui dépend du sens d'enroulement de l'hélice et du sens dans lequel l'étincelle a marché du pôle positif au pôle né-

gatif; les petits cylindres d'acier trempé ou recuit dont je me suis servi ont conservé leur magnétisme pendant plusieurs mois.

Je n'insiste pas pour le moment sur les détails de l'appareil dont il faudra faire usage dans l'application : c'est une question d'avenir et d'expériences directes à faire. Le nombre de spires, le diamètre du fil de cuivre, la distance du point de suspension de l'aiguille aimantée sont autant de circonstances qui peuvent faire varier la sensibilité de l'appareil; on est maître de la rendre excessive.

Quant aux expériences que j'ai faites au moyen des machines électriques à frottement, de l'électrophore, de la bouteille de Leyde, des batteries, et avec l'excellente machine de Holtz construite par M. Ruhmkorff, elles me permettent de supposer que des conducteurs destinés à dériver sur un paratonnerre une partie du courant ou de l'étincelle foudroyante seront amplement suffisants pour aimanter le petit barreau placé dans l'hélice du réélectromètre.

Applications du réélectromètre aux parafoudres des télégraphes. Conséquences au point de vue météorologique.

On sait que les fils télégraphiques sont constamment frappés par la foudre; les télégraphistes ont ordre de *se mettre sur terre*, comme on dit, pendant les orages; la foudre laisse des traces plus ou moins fortes de son passage dans le papier dont ces appareils sont munis. Les dimensions plus ou moins considérables des perforations dans le papier peuvent donner des indications sur l'intensité des coups.

Rien ne me paraît plus simple que d'insérer le réélectromètre dans le parafoudre ordinaire; on conserverait la preuve du passage de la foudre et, de plus, l'indication nette de sa direction ou la connaissance des signes de l'électricité qui peuvent se trouver alternativement dans le sol ou dans l'air et les nuages. Cette donnée est indiscutable et il est bien prouvé que l'on connaît la *foudre ascendante* comme la *foudre descendante*, celle-ci paraissant se produire bien plus souvent que la première. Autant que j'en puis juger, la foudre ascendante exerce des ravages et produit des phénomènes autres

que la foudre descendante, comme la foudre en boule que l'on voit souvent mouvoir de bas en haut.

Je ne sache pas que les appareils dont on se sert actuellement dans les observatoires pour constater la direction et l'intensité des courants terrestres, les signes de l'électricité de l'air, etc., aient donné des résultats bien nets sur ce qui arrive dans les différents lieux parcourus par le même orage, et j'ignore si, sous ce rapport, on a comparé les observations simultanées ou séparées par un intervalle de temps déterminé indiquant la rapidité de la marche des orages.

Aujourd'hui que les réseaux télégraphiques s'étendent sur toute l'Europe savante, communiquent avec beaucoup d'observatoires et rayonnent, on peut le dire, sur le monde entier, il me semblerait qu'un vaste système d'observations établi au moyen du réélectromètre de Marianini dans tous les postes télégraphiques serait de nature à nous éclairer sur des points importants se rattachant à tous les phénomènes électriques qui se passent au-dessus de nos têtes dans les nuages, dans nos édifices et, sous nos pieds, dans le sol.

A mon sens, il sera nécessaire de rechercher toutes les lois pour l'étincelle de tension et l'étincelle de la foudre. L'esprit de la science positive se refuse, malgré toutes les bizarreries que l'on observe, à faire du fluide électrique, si fluide il y a, un *être erratique* ayant, en dehors de tout ce que nous admettons à l'égard de l'immuabilité des lois naturelles, des caprices inexplicables.

Avouons humblement notre ignorance actuelle et constatons l'importance qu'il y aurait à avoir plus de données exactes sur la marche des étincelles des nuages et des coups de foudre.

Qu'il me soit permis d'espérer que les diverses administrations des télégraphes voudront bien venir en aide à la science, d'autant plus qu'il s'agit d'une disposition simple et peu coûteuse, qui n'entrave *absolument en rien* le service ordinaire.

En effet, on se borne à observer la déviation de l'aiguille aimantée, pendant l'*arrêt obligatoire* de la transmission des dépêches ; il suffit, après un coup de foudre, de remplacer le

petit barreau d'acier dans l'intérieur de l'hélice; on peut le recuire pour le désaimanter et le faire servir indéfiniment.

Note sur la décomposition et la conservation des bois.

Par M. Max. Paulet.

(*Bulletin de l'Association scientifique de France.*)

Mon intention est de signaler, dans cette note, les actions destructives qui s'exercent sur les bois injectés de sulfate de cuivre et enterrés dans le ballast des chemins de fer. On admet généralement que l'action conservatrice du sel métallique est due à sa combinaison avec le tissu ligneux et surtout avec la matière azotée, devenue par là *insoluble*, et *toxique* pour les êtres organisés. Cette explication est insuffisante.

J'ai commencé par étudier l'action qu'exercent les sels métalliques, et spécialement le sel cuprique, sur la matière azotée du bois. Les expériences que j'ai faites depuis longtemps m'ont démontré : 1° que le précipité albumino-cuprique n'est pas absolument insoluble dans l'eau; 2° qu'il est surtout soluble dans une eau chargée d'acide carbonique.

La matière azotée contenue dans le bois ordinaire est en partie soluble, en partie insoluble. La partie albumineuse soluble est fixée par le sel métallique, qui s'unit aussi à la matière azotée insoluble. L'eau, surtout lorsqu'elle est chargée d'acide carbonique, dissout et emporte l'agent métallique.

Tels sont les résultats et la conclusion de mes premières expériences; mais des observations récentes m'ont démontré que les réactions ne sont pas toujours aussi simples. Voici ce qu'on remarque le plus souvent : une traverse de bois de hêtre, par exemple, pénétrée de sulfate de cuivre, après avoir été enterrée dans le ballast d'un chemin de fer pendant huit ou dix ans, est retirée de ce milieu et mise au rebut, parce qu'elle est pourrie sur plusieurs points. Les parties altérées sont très-brunes dans le voisinage du rail; le bois n'est pas vermoulu, mais il est altéré chimiquement. S'il ne contient

plus sensiblement de cuivre, il contient des quantités, souvent énormes, de fer fourni par le rail lui-même ou par les chevillettes d'attache : ce fer abondant n'a donc pas empêché l'altération du bois. Il a pourtant pénétré, lorsqu'il était en dissolution, puisqu'il a cheminé loin du point de contact. Ce résultat heurtait les idées reçues. Dans ces recherches, il faut avoir soin, tout d'abord, d'éliminer le bois qui est en contact immédiat avec le rail ou qui se serait mis en communication avec lui par les fentes ou filons ouverts par la sécheresse, parce qu'alors les écailles d'oxyde de fer viendraient troubler les résultats de l'expérience. Ces précautions prises, on constate que, dans les couches de bois voisines du rail, la fibre ligneuse est très-brune, qu'elle n'offre pas de résistance, qu'elle se brise et se pulvérise facilement. La densité de ce bois est singulièrement diminuée : en choisissant, dans la même traverse de hêtre, un fragment de bois non altéré, on trouve que sa densité apparente ou sa compacité est demeurée égale à $0^{gr},755$, tandis que la densité de la partie altérée n'est plus que de $0^{gr},380$.

Ce bois altéré présente les caractères chimiques ci-après il contient de la matière azotée ; il se dissout tout entier dans la potasse caustique, comme pourrait le faire l'acide ulmique même. Traité par l'eau aiguisée d'acide azotique, il cède à la liqueur la chaux qu'il contient, ainsi qu'une grande quantité de fer. Ce fer, qui n'a pu pénétrer qu'à l'état de dissolution, est maintenant sous forme insoluble : aussi la liqueur de cyanoferrure de potassium, appliquée sur un copeau de ce bois, si ferrugineux pourtant, n'y produit pas de coloration bleue.

En même temps que l'acide azotique emporte le fer contenu dans ce bois altéré, on aperçoit un dégagement prolongé d'acide carbonique : on croirait agir sur un carbonate impur. Cette quantité d'acide carbonique excède de beaucoup celle que j'avais constatée déjà dans le bois altéré à l'air. Dans ce bois de hêtre altéré au sein du ballast, il n'y a aucune proportion entre l'acide carbonique qu'il contient et celle qui résulterait de la transformation de ses cendres en carbonates, par l'effet de la combustion lente du tissu ligneux. Ai-je besoin d'ajouter que le bois neuf ne contient pas de carbonates, et partant, pas d'acide carbonique? Un poids de $0^{gr},250$ du

bois altéré (cubant 0^{cc},66) m'a produit jusqu'à 10^{cc},5 d'acide carbonique, soit plus de 12 mètres cubes d'acide carbonique par mètre cube de bois. Ce bois minéralisé contient une forte dose de cendres; lorsqu'on maintient ces cendres à la température rouge pendant longtemps, on en trouve un poids égal à 3 pour 100; le hêtre normal en renferme moitié moins. Durant l'ébullition dans l'eau acidulée, une portion du bois entre en dissolution; aussi, lorsque cette solution est concentrée dans une capsule de platine, on voit, avant la calcination, le résidu noircir et se charbonner. Si l'on enlève à ce bois les sels dont il est imprégné, on diminue encore sa densité, qui descend à 0^{gr},302.

Ces remarques s'appliquent aux parties altérées, voisines du rail ou des chevillettes. Les portions de traverses éloignées du rail n'offrent pas cette constitution très-ferrugineuse, pourvu que le ballast lui-même ne soit pas surchargé de l'oxyde métallique; mais le carbonate de chaux est toujours très-abondant dans les parties altérées. Le cuivre abandonne graduellement sa combinaison et finit par la quitter entièrement, cédant la place au carbonate calcaire.

Que s'est-il produit? Le carbonate de chaux, contenu dans le ballast et devenu soluble dans un excès d'acide carbonique, pénètre graduellement dans le bois et se substitue au cuivre. Il suffit, pour mesurer l'intensité de l'altération subie par le bois, de déterminer la quantité d'acide carbonique ou de carbonates qu'il contient. La ténacité des fibres du bois est en raison inverse de la proportion d'acide carbonique qu'elles renferment. Le cuivre recule, si je puis dire, à mesure que le carbonate de chaux avance. Aussi longtemps que le sel métallique persiste dans sa combinaison première, aussi longtemps persiste l'action conservatrice. Le carbonate de chaux n'est pas l'agent septique, mais il élimine de ses combinaisons l'agent conservateur; il s'interpose entre la matière conservatrice et la matière à conserver; cette dernière se trouve ainsi rétablie, sinon dans son intégrité, du moins dans un état qui facilite l'accès et l'action des agents destructeurs. Cela confirme simplement et explique ce fait, constaté déjà par l'observation, que les traverses sont rapidement détruites dans les terrains calcaires.

Parfois le métal persiste dans le bois décomposé, ainsi que je viens de le signaler dans les fibres altérées et très-ferrugineuses, voisines du rail; mais l'oxyde reste alors simplement interposé, non combiné. Peut-être y a-t-il une action réductrice, exercée par la substance organique sur les oxydes; mais, le plus souvent, lorsque le séjour du bois a été suffisamment prolongé dans le sol, la combinaison cuprique a disparu : le cuivre, obligé d'abandonner d'abord l'albumine, quitte enfin le tissu même du bois, entraîné par l'acide carbonique. Un autre dissolvant, beaucoup moins abondant toutefois, intervient aussi : c'est le carbonate d'ammoniaque, apporté par les eaux pluviales ou fourni par la transformation des substances organiques contenues dans le ballast.

NÉCROLOGIE.

M. Kelsch.

M. Kelsch, inspecteur général des lignes télégraphiques en retraite, est décédé à Paris le 9 mai, à l'âge de soixante-douze ans.

Il était un des plus anciens représentants de cette génération de fonctionnaires de la télégraphie aérienne qui resteront des types de fidélité au devoir professionnel.

Bien qu'il fût éloigné de l'administration depuis treize ans, le lien que son origine et quarante-deux ans de services avaient établi entre lui et le personnel télégraphique n'avait pas été rompu, et ce recueil a tenu à rendre à sa mémoire un dernier hommage.

En 1823, M. Kelsch père, membre de cette famille administrative dont les frères Chappe s'étaient entourés à la création de la télégraphie, se démettait de ses fonctions d'inspecteur en faveur de son fils. Celui-ci, après avoir parcouru tous les grades de la hiérarchie, n'arrivait qu'en 1860 à la position d'inspecteur général qu'il devait quitter si peu de temps après, laissant derrière lui les souvenirs d'une longue carrière dignement remplie et accompagné des regrets de tous ceux qui avaient été à même d'apprécier les qualités de ce chef juste et bienveillant.

E. C.

BULLETIN ADMINISTRATIF.

Conférence de Saint-Pétersbourg.

Le *Moniteur officiel de l'Empire russe* du 2 juin annonce que « le 4e congrès télégraphique international a été ouvert le 1er juin par l'aide de camp général Timascheff, ministre de l'intérieur. M. Timascheff a prononcé à cette occasion un discours auquel a répondu le délégué italien, M. d'Amico. Les membres du congrès assisteront ce soir à un grand raout, qui leur est offert par M. de Lüders, directeur général des télégraphes. Le grand-duc héritier donnera demain, en leur honneur, un grand dîner à Tsarkoé-Sélo. »

Les délégués français à la conférence de Saint-Pétersbourg sont MM. Ailhaud, inspecteur général, et Ducôté, inspecteur chef de service à Paris. L'ambassadeur de France, M. le général Le Flô, sera en outre muni des pleins pouvoirs nécessaires pour la signature de la nouvelle convention internationale.

Voici le discours de M. le général Timascheff, ministre de l'intérieur :

« Messieurs,

« Parmi les devoirs qui incombent à un gouvernement dans la direction des affaires publiques, il n'en est pas de plus agréable, de plus satisfaisant que celui de coopérer, de présider à la mise en œuvre de ses progrès de la science dont notre époque se montre si justement fière. Et de tous, le plus remarquable, le plus important assurément, aussi bien par la belle découverte dont il procède que par la merveilleuse application qui en est résultée, n'est-ce pas celui qui permet aujourd'hui aux gouvernements de s'unir, de se rendre solidaires les uns des autres, aux nations de se mieux connaître et de se rapprocher, aux particuliers de gérer leurs affaires et

de se parler d'un hémisphère à l'autre, à tous enfin, aux intérêts, à l'idée elle-même, de ne tenir presque pour rien les deux grands invincibles obstacles de nos pères — le temps, l'espace ?

« Ces seuls mots disent assez, Messieurs, combien se présente à mon esprit, grande et utile, l'œuvre à laquelle vous vous êtes consacrés. Je n'ai donc pas à craindre de voir ma sincérité mise en doute quand je vous dirai que je suis heureux d'avoir été appelé, par la volonté S. M. l'Empereur, à l'honneur de vous souhaiter la bienvenue en son nom et d'ouvrir la première séance de vos utiles travaux.

« Commencée en 1865 à Paris, continuée et complétée en 1868 et 1871 à Vienne et à Rome, l'œuvre de la conférence télégraphique internationale touche aujourd'hui, non pas à sa fin, — de pareilles œuvres n'en ont point, — mais à l'achèvement de ce que j'appellerai son *criterium*, sa raison d'être, sa base principale. Vos travaux antérieurs l'ont déjà préparée, élaborée ; l'expérience, — cette pierre de touche indispensable pour tout ce qui veut être pratiquement utile et durer, — a fait le reste. La sympathie avec laquelle les différents États représentés par vous ont accueilli les propositions du gouvernement impérial me fait donc espérer, Messieurs les délégués, que cette quatrième conférence aura l'insigne honneur d'établir définitivement, dans une espèce de code international succinct, celles des règles appelées à présider aux rapports télégraphiques universels et établies par vous dans les précédentes conférences, dont dix années d'étude et d'usage ont surtout démontré l'efficacité et l'urgence.

« A ce propos, qu'il me soit permis, Messieurs, de rendre un juste tribut d'hommages aux hommes éclairés dont la sage prévoyance a su, dès l'origine de votre œuvre, lui donner pour principe la consécration du temps et de l'expérience au moyen de ces réunions internationales se succédant à des époques diverses et dans des capitales différentes.

« Que de facilités acquises, que de difficultés vaincues, que de malentendus évités ne doit-on pas à l'application de ce principe fécond à une œuvre comme la vôtre où l'amélioration de la veille amène et stimule celle du lendemain, et où

pourtant, quoi qu'on fasse, il restera toujours quelque chose à faire !

« Ici, Messieurs, après avoir, au nom de S. M. l'Empereur, déclaré ouverte la conférence télégraphique internationale de Saint-Pétersbourg, je pourrais, à la rigueur, tenir ma tâche pour terminée et céder ma place au directeur des télégraphes de l'Empire, M. le conseiller privé de Lüders, que vous voudrez sans doute appeler à l'honneur de présider régulièrement vos travaux. Je sens pourtant qu'il me reste à accomplir vis-à-vis de vous et vis-à-vis de mon pays un devoir auquel je saurais d'autant moins me soustraire que j'y attache un plus grand prix.

« Il m'est impossible de ne point vous exprimer, Messieurs, les sentiments de vive et cordiale sympathie avec lesquels la nation russe a constamment suivi vos travaux et vous voit tenir aujourd'hui dans sa capitale une conférence appelée par ses résultats à faire date dans l'histoire de la télégraphie universelle. Ces sentiments vous sont un sûr garant, Messieurs, de l'accueil qui vous attend dans ce pays. Pendant le séjour que vous y ferez, vous n'y trouverez ni les plaisirs mondains de Paris, ni les splendeurs artistiques de Rome, ni la vie animée et agréable de Vienne. Vous y trouverez par contre quelques sujets intéressants à étudier, quelques convictions satisfaisantes à emporter, celle-ci entre autres : que les sentiments pacifiques si hautement proclamés par S. M. l'Empereur sont bien ceux en même temps de toute sa nation. »

La télégraphie au Sénégal.

(Extrait d'un rapport adressé à l'Administration par M. de CHAUVILLERAIN, chef du service.)

Réseau télégraphique. — Le réseau du Sénégal se compose de trois lignes : la première allant de Saint-Louis à Dakar, la seconde de Saint-Louis à Dagana, la troisième de Saint-Louis à la Barre (embouchure du Sénégal).

Ligne de Dakar. — Cette ligne est la plus importante; elle a une longueur de 202 kilomètres. Sa direction est du N. au S.-O.; à un seul fil de 3 millimètres, elle est construite avec des poteaux venus de France.

Elle relie six bureaux : Saint-Louis, Gandiole, Betète, Mbidjem, Rufisque et Dakar. La contrée qu'elle traverse est inculte en grande partie, sans aucune route, coupée de marais larges et profonds, peu accidentée et parsemée de fourrés impénétrables de palmiers et de buis de différentes espèces. De Gandiole à Mbidjem, le pays n'est plus sous la domination française. Il a été rendu en 1870 à un chef indigène, à la seule condition de respecter la ligne télégraphique et le bureau de Betete placé au milieu de son territoire.

Le personnel est réparti dans chacun de ces bureaux de la manière suivante : A Saint-Louis, le chef du service, un employé de cinquième classe du cadre métropolitain, un employé indigène, un surnuméraire, un chef surveillant et deux surveillants indigènes;

A Gandiole, un employé militaire et deux surveillants;

A Betète, un employé militaire et deux surveillants;

A Mbidjem, un employé militaire et deux surveillants;

A Rufisque, un employé militaire et un surveillant;

A Dakar, un employé de quatrième classe du cadre métropolitain, chef de bureau, un employé militaire, un surnuméraire et deux surveillants.

Total, 23 employés.

Ligne de Dagana. — Elle relie Saint-Louis à un comptoir important pour le commerce, placé sur le fleuve du Sénégal; sa longueur est de 125 kilomètres, et sa direction de l'O. au N.-E.; elle a un seul fil de 3 millimètres et est construite sur poteaux de France.

Cette ligne dessert quatre bureaux : Saint-Louis, Lampsar, Richard-Toll et Dagana. Le bureau de Lampsar est provisoirement fermé. Le pays qu'elle traverse est sous la domination française; il est inondé souvent pendant les pluies de l'hivernage par les crues du fleuve; très-boisé en certains endroits; la chaleur très-forte en toute saison.

A Lampsar réside un surveillant;

A Richard-Toll, un employé civil et un surveillant;

A Dagana, un employé civil et deux surveillants.

Total, 6 employés.

Ligne de la Barre. — La longueur de cette ligne est de 11 kilomètres; elle traverse une contrée coupée par des marais et par les dérivations du fleuve; sa direction est du N. au S. Elle relie à Saint-Louis, le poste des pilotes placé à l'embouchure du Sénégal. Le bureau est desservi par un employé civil.

Distances entre les stations télégraphiques.

LIGNE DE DAKAR.		LIGNE DE DAGANA.	
De Saint-Louis à :		De Saint-Louis à :	
Gandiole.	18k,414	Lampsar.	20k,000
Betète.	89 ,476	Richard-Toll.	102 ,000
Mbidjem.	150 ,276	Dagana.	125 ,000
Rufisque.	180 ,155		
Dakar.	202 ,012		
La Barre.	11 ,000		

Personnel. — Ces neuf bureaux sont desservis par le personnel suivant :

Un commis principal de l'administration métropolitaine, chef du service*;

Deux employés de l'administration métropolitaine, dont un à Saint-Louis ** et l'autre à Dakar***;

Quatre employés de cinquième classe, indigènes ;

Sept employés militaires;

Un chef surveillant et quinze surveillants indigènes.

Les employés indigènes se recrutent par voie d'examen.

Les employés militaires sont mis, par l'infanterie de marine, à la disposition du service télégraphique, qui les instruit à Saint-Louis et à Dakar et les dirige ensuite sur les postes de l'intérieur.

* M. de Chauvillerain.

** M. Sainte Marie-Pricot.

*** M. Flusin (Gustave).

Les surveillants indigènes forment un très-bon personnel; plusieurs sont au service depuis l'organisation, qui date de douze ans. Ils sont très au courant de leur métier, très-disciplinés, et seuls capables, dans un pays dont le climat est aussi malsain, de supporter les fatigues et les privations des tournées à pied.

Service intérieur. — Les bureaux sont ouverts tous les jours de sept heures du matin à dix heures, et de deux heures à six heures du soir.

État récapitulatif des dépêches officielles et privées transmises en 1873 *par les divers bureaux de la colonie.*

NOMS DES BUREAUX.	NOMBRE DE DÉPÊCHES.	
	Officielles.	Privées.
Saint-Louis	1.515	2.048
Gandiole	210	17
Betète	144	11
Mbidjem	341	10
Rufisque	105	275
Dakar	1.237	1.251
Dagana	147	647
La Barre	362	216
Totaux	4.061	4.470
Total général	8.531	

Les bureaux de Lampsar et Richard-Toll ont été fermés pendant l'année 1873.

Tarifs. — Entre deux bureaux quelconques, 2 francs pour vingt mots; 0f,50 en plus par série ou fraction de cinq mots. Entre Saint-Louis et La Barre, 0f,50 pour dix mots; 0f,05 par chaque mot en plus.

Les taxes perçues pour les dépêches privées s'élèvent à la somme de	9.925f,85
Le mouvement des dépêches officielles correspond à une taxe de	13.492 ,00
Le rendement total est donc de	23.417f,85

Les postes de Gandiole, Betète et Mbidjem étant éloignés de tout centre habité par les Européens, n'ont que fort peu de dépêches. Betète est très-important pour le passage si la ligne est mauvaise; mais c'est un poste très-malsain et où les Européens ne peuvent habiter longtemps.

Surveillance de la ligne. — Le service de surveillance est fort pénible, surtout pendant l'hivernage. Les pluies torrentielles et les orages violents des pays intertropicaux renversent des poteaux et brisent les isolateurs. Malgré ces difficultés, on est parvenu à n'avoir dans, l'année, que trois jours d'interruption.

Le matériel, y compris les poteaux, se transporte à dos de mulet.

Presque tous les dérangements sont causés par la chute des poteaux que le terrain sablonneux ne retient pas. Il n'y a pas de pierre dans l'intérieur du pays pour les consolider, et les traverses en bois sont promptement pourries ou rongées par les termites qui n'attaquent heureusement pas les poteaux injectés. De nombreux poteaux sont aussi détruits par le feu que les indigènes mettent aux grandes herbes pour défricher leurs champs. Les orages, malgré leur grande intensité électrique, n'amènent aucune perturbation durable sur les lignes et dans les appareils.

Quant aux dérangements causés par la malveillance, ils sont excessivement rares. Les noirs, très-superstitieux, redoutent de toucher à la ligne; ils croient généralement que cette ligne ne sert qu'à indiquer aux Européens la route à suivre pour aller de Dakar à Saint-Louis.

Statistique de la Télégraphie dans le service de la Cochinchine française et du Cambodge de 1862 à 1873.

ANNÉES	NOMBRE de bureaux	RÉSEAU en kilomètres	NOMBRE des appareils	DÉPÊCHES. Nombre des dépêches intérieures	DÉPÊCHES. Nombre des dépêches internationales	DÉPÊCHES. Total.	RECETTES intérieures.	RECETTES INTERNATIONALES. Versements faits par la colonie à la compagnie.	RECETTES INTERNATIONALES. Taxes pour mémoire des dépêches d'arrivée.	RECETTES INTERNATIONALES. Somme.	RECETTES INTERNATIONALES. Part afférente à la colonie pour les dépêches de départ et d'arrivée du câble.	DÉPENSES du personnel et du matériel.	TAXES des dépêches officielles.
							fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
1862	9	300	14	54	»	54	143,00	»	»	»	»	»	6.000,00 (1)
1863	9	300	14	457	»	457	3.035,85	»	»	»	»	144.000,00	42.884,00
1864	12	400	16	654	»	654	4.157,26	»	»	»	»	153.196,00	78.752,00
1865	15	500	19	1.884	»	1.884	5.553,49	»	»	»	»	158.956,20	71.691,00 (2)
1866	15	500	21	3.572	»	3.572	8.485,00	»	»	»	»	151.930,50	100.122,00
1867	16	535	26	3.679	»	3.679	9.877,85	»	»	»	»	165.742,00	158.273,00 (3)
1868	18	720	31	3.107	»	3.107	8.262,70	»	»	»	»	192.804,70	172.727,00
1869	21	1.000	36	3.929	»	3.929	11.205,30	»	»	»	»	294.235,50	235.917,00
1870	22	1.170	41	4.957	»	4.957	18.255,80	»	»	»	»	340.236,70	391.912,00
1871	19	1.170	43	5.932	1.726	7.658	22.128,30	46.725,81	47.426,55	94.152,36	1.131,00	243.752,97	420.737,00 (4)
1872	21	1.300	46	8.109	4.969	13.078	31.701,69	123.126,60	131.276,90	254.403,50	11.476,09	317.393,31	517.912,00
1873	25	1.680	52	9.168	6.055	15.223	26.451,65	197.720,80	180.574,80	378.295,60	14.783,38	338.825,53	630.817,00

Observations.

(1) Du 31 mai au 30 décembre 1862, quelques bureaux étaient gérés par les officiers commandant les postes militaires. La taxe des dépêches était de 5f,55 pour 20 mots (1 piastre mexicaine). La Cochinchine se composait à cette époque des provinces de Bienhoa, Mytho et Saïgon.

(2) Par arrêté du 30 avril 1865, la taxe des dépêches privées est fixée à 2 francs pour 20 mots.

(3) Prise des provinces de Vinhlong, Chaudoc, Hatien.

(4) Câble ouvert le 1er août 1871 à la correspondance privée et officielle, reliant la colonie, d'une part à l'Europe, et de l'autre à la Chine et au Japon.

Nota. — En 1873, sur les 25 bureaux existants, 21 sont chargés du service postal dans l'intérieur de la colonie.— Des stations télégraphiques, non ouvertes au public, sont en outre de ce chiffre de 25, établies au phare Saint-Jacques, au palais du roi du Cambodge à Pnumpenh, au Gouvernement de Saïgon, à l'arsenal, à la direction de l'intérieur, au service administratif de la marine, aux subsistances et à la direction du port de guerre, pour les besoins de la marine et de l'administration de la colonie, ce qui porte réellement le nombre des bureaux à 33 et des appareils à 52.

Le Gérant : Dunod. — Imprimerie Arnous de Rivière et Ce, 26, rue Racine.

ANNALES

TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1875 Juillet-Août

APPLICATION GÉNÉRALE DES FERS A T

A LA

CONSTRUCTION DES LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES

PAR M. DE LA TAILLE,

Inspecteur des lignes télégraphiques.

J'ai déjà indiqué sommairement, dans le *Journal télégraphique* du bureau international de Berne (n° 31 du 25 juillet 1874), les moyens d'employer les fers à simple T pour l'installation des lignes télégraphiques de toute nature. J'ai décrit quelques-uns des essais auxquels j'ai procédé dans ce but, et j'ai énoncé les prix de revient kilométriques des lignes de 3 à 26 fils, en les supposant construites suivant le système que je propose. Cette série de prix fait ressortir une économie *même dans les dépenses de premier établissement* en faveur des lignes formées d'appuis métalliques en fer à T, par rapport aux lignes en poteaux de bois.

Un pareil résultat diffère tellement de ceux obtenus avec les poteaux métalliques des autres modèles qu'il

m'a paru nécessaire d'expliquer et de justifier les chiffres que j'ai avancés; tel est l'objet du présent article. Les expériences faites dans le cours de l'année 1874 ont d'ailleurs été assez variées et relativement assez nombreuses pour servir de base à des appréciations sérieuses.

J'ai divisé mon travail en trois parties :

1° Une notice contenant la description, la destination et les prix de revient des divers poteaux que j'ai fait construire jusqu'ici, notamment ceux des lignes qui relient la ville de Sully-sur-Loire à la gare de ce nom (6 kilomètres), et celle de Châtillon-sur-Loing à Saint-Maurice-sur-Aveyron (7 kilomètres);

2° Le détail des modifications qu'il me paraît utile d'apporter au système;

3° Les dimensions proposées pour les poteaux des diverses lignes et les prix de revient qui en sont la conséquence. La comparaison de ces prix avec ceux consignés dans la première partie du travail en sera la justification.

Il est essentiel de faire remarquer :

A. Que les prix ci-après sont calculés pour une qualité de fer spéciale, la seule dont je propose l'emploi, et qui est bien supérieure à celle du commerce. Les épreuves auxquelles les fers ont été et seraient soumis sont détaillées plus loin; elles donnent des garanties de solidité et de durée dont la valeur ne saurait échapper à personne;

B. Que les prix auxquels je me suis arrêté sont des *minima;* j'estime qu'on y peut descendre sans sacrifier les conditions essentielles de solidité et de durée. Mais ces prix étant inférieurs à ceux des lignes en poteaux de bois, il est évident qu'il n'y aura qu'avantage à leur donner une certaine plus-value quand les crédits accordés le permettront;

C. Que l'emploi de traverses à 4 fils offre l'avantage de réduire la hauteur des appuis. Cet avantage est considérable, non-seulement parce qu'il permet de réaliser une économie sur la longueur des poteaux, mais encore parce que cette diminution de longueur simplifie l'établissement des poteaux d'angle, lesquels sont d'autant moins difficiles à consolider que leur hauteur est moindre.

Poteaux et potelets en fer à T employés de 1873 à 1875 dans les départements du Loiret et de Loir-et-Cher.

1, 2, 3. — En mai 1873, trois poteaux avec blocs en béton moulé de la forme indiquée par les *fig.* 6 et 7, Pl. XI, ont été plantés près d'Orléans, sur le chemin de fer d'Orléans à Bourges. Bien que ces poteaux se trouvent sur un remblai très-exposé au vent, et que leur sommet prenne, les jours de tempête, des oscillations de $0^m,10$ à $0^m,15$, aucun accident ne s'est produit, ni dans les blocs, ni dans les ferrures.

L'ensemble et les détails de ces poteaux sont représentés dans les *fig.* 8, 12, 13 et 14 de la planche*.

Les fers à T sont enfoncés jusqu'à $0^m,10$ de la base des blocs en béton, au moment du moulage. Les fils reposent sur des traverses en fer carré de 25 millimètres de côté et de $1^m,25$ de longueur (*fig.* 12 et 13), dont chacune porte quatre isolateurs. Ces barres s'engagent dans une fenêtre ouverte au travers de la nervure du T, sur le bord même de la face plane, à laquelle elles sont fixées par deux boulons.

Les tiges porte-isolateurs (*fig.* 14) sont terminées en

* Des ornements en fer ont été dessinés au-dessous de la dernière traverse et au pied du poteau, pour montrer qu'il est possible de donner, au besoin, une certaine élégance à ce genre d'appui.

bas par une partie carrée de 10 millimètres de côté, qui pénètre dans un trou correspondant de la barre et par une partie taraudée. Quand celle-ci a reçu son écrou, l'isolateur, arrêté solidement sur la barre, ne peut plus prendre aucun mouvement angulaire.

Les dimensions des poteaux sont celles indiquées ci-après :

NUMÉROS.	LONGUEUR.	LONGUEUR DE LA SECTION sur le plat.	LONGUEUR DE LA SECTION sur la nervure.	POIDS par mètre.
	mèt.	mèt.	mèt.	kil.
1	5,50	0,13	0,09	16
2	5,30	0,07	0,065	9
3	5,60	0,09	0,06	10

4. — En mars 1874, huit potelets en fer préparés pour 15 fils ont été établis dans les rues de la ville de Blois. Chacun est porté par deux tiges en fer, scellées dans les murailles des maisons. La tige inférieure présente trois branches à scellement, celle du haut n'en a que deux. Les potelets ont les mêmes dimensions que le poteau n° 2 ci-dessus. Ils sont traversés par des barres horizontales, du modèle adopté pour les poteaux, mais ne portant que deux isolateurs au lieu de quatre. Cette réduction est nécessitée par l'obligation de laisser libre le développement des persiennes des maisons sans donner aux tiges une saillie disgracieuse, ni nuisible à la solidité. Les potelets portent un isolateur à leur sommet ; ils sont garnis en ce moment, les uns de 7 fils, les autres de 9 fils.

5. — Une ligne à 2 fils a été construite en même temps à Blois, dans la direction de Romorantin, au moyen

de tiges à scellement fixées aux habitations, et dont chacune a reçu les deux isolateurs nécessaires. Ces tiges sont du même modèle et de la même force que les traverses horizontales à 4 fils pour poteaux; leur longueur varie d'une maison à l'autre suivant les besoins.

6. — Au mois de mai suivant, un poteau double formé de deux fers à T parallèles pesant 12 kilogrammes le mètre, a été installé également à Blois, au point où l'embranchement du bureau de l'État se sépare de la ligne télégraphique de Paris à Bordeaux. Cet embranchement forme un angle droit avec le chemin de fer. Les fers employés ont 6 mètres de longeur et sont enfoncés en terre de $1^{m},20$. Les barres ont reçu une disposition qui permet de faire tourner les fils à angle droit sans qu'ils puissent se mélanger. En raison des tractions qu'elles ont à supporter, ces barres ont été faites avec du fer carré de $0^{m},029$. Les porte-isolateurs ont été aussi renforcés de moitié dans la partie carrée qui traverse les barres; ce carré a 15 millimètres de côté.

7. — En juillet 1874, un poteau de $6^{m},30$ ayant une section de $0^{m},075$ sur la face plane et de $0^{m},08$ sur la nervure a été planté à Romorantin. Il soutient 3 fils réunis sur un support à 3 branches boulonné à son sommet. Il est percé de trous propres à recevoir, en outre, deux traverses à 2 fils chacune. Il pèse 11 kilogrammes par mètre courant.

8. — Dans le même mois, un poteau double a été planté au point de bifurcation des lignes de Vierzon à Tours et de Vierzon à Orléans. Les fers à T sont semblables au précédent, mais ils sont assemblés, dans toute la longueur qu'occupent les fils, plat contre plat avec des boulons qui rendent les deux pièces absolument solidaires; au-dessous des fils, l'un des fers à T a été in-

fléchi de façon à former jambe de *force;* il est relié à l'autre par une entretoise en fer. Les faces planes sont percées de fenêtres pour laisser passer les barres horizontales; celles-ci viennent s'appliquer contre les nervures sur lesquelles elles sont fixées au moyen de boulons et renforcent ainsi l'assemblage. Le poteau double offre alors l'aspect d'un couple de fers semblable à celui des poteaux de bois jumelés comme à l'ordinaire, mais surmonté d'une partie simple, traversée par les barres. La jambe de force est lestée par un bloc pesant près de 400 kilogrammes et le poteau lui-même par un bloc de 100 kilogrammes.

La forme qui vient d'être décrite est celle qui paraît offrir le plus de garantie au point de vue de la solidité pour les poteaux d'angle. Elle a d'ailleurs la sanction de l'expérience puisqu'elle ne diffère pas de celle adoptée pour les poteaux de bois. Il est entendu que la jambe de force, au lieu de se détacher du poteau au-dessous des fils, peut être fixée au sommet même de l'appui, lorsqu'on a besoin du maximum de solidité *.

9, 10, 11, 12. — En décembre 1874, j'ai construit, à Orléans, une ligne d'essai contenant des poteaux (*fig.* 3, 4, 9) à 2, 3, 6 et 8 fils conformes pour les dimensions aux types indiqués dans le tableau ci-après des prix de revient. Les résultats de cette expérience ont été pleinement satisfaisants. Les poteaux prennent d'autant plus d'assiette qu'ils sont plus chargés de fils. L'un d'eux, qui pèse $3^k,650$ le mètre et qui porte 6 fils de $0^m,004$ et 2 de $0^m,005$, est particulièrement remarquable sous ce rapport.

Les poteaux armés de traverses à deux fils sont ter-

* On verra plus loin que de tels assemblages peuvent presque partout être remplacés par des fers uniques à double T.

minés par un isolateur ou par une pointe (*fig.* 3 et 9), suivant que le nombre des fils est pair ou impair. Cette pointe (*fig.* 2) peut être faite très-économiquement en fonte ou en tôle forte de 0^{m},002 d'épaisseur. On lui donne une base rectangulaire, percée de deux trous, et que l'on interpose entre la nervure du fer à T et la patte de la traverse.

Si le nombre des fils est impair, on met un conducteur en tête du poteau sur un isolateur fixé à une petite tige de 0^{m},20 de longueur, boulonnée au haut du fer à T. Cette tige est fabriquée avec du fer rond, aplati à l'une de ses extrémités. Le poids en est de 0^{k},500 et le prix de 0^{f},37. Lorsqu'une ligne portant 3 fils, par exemple, devra en recevoir un quatrième, on remplacera l'isolateur de tête par une traverse à 2 fils et une pointe.

Ces traverses seront fixées de 0^{m},40 en 0^{m},40 à partir du sommet du poteau, alternativement d'un côté et de l'autre de la nervure (*fig.* 4), afin de rendre l'aspect du poteau plus satisfaisant. Elles placent en effet les isolateurs en dehors de l'axe de l'appui, quand on le regarde de profil, et il convient d'atténuer autant que possible cette irrégularité en faisant alterner les traverses sur l'une et l'autre face de la nervure.

Les traverses ont la forme indiquée (*fig.* 11); leurs branches présentent un écartement de 0^{m},40. La patte servant à les fixer est exactement au milieu de deux branches. Pour que le centre de la traverse se trouve dans l'axe du poteau, on fait percer les trous au milieu de la nervure, en la supposant prolongée jusqu'au bord extérieur de la face plane. Il est nécessaire en outre que la traverse puisse franchir le plat du fer à T; dans ce but, la partie inférieure de la patte devra être infléchie

(*fig.* 10), et l'être d'autant plus que les dimensions du fer à T sont plus fortes.

13, 14. — La première application des poteaux en fer à T, faite sur une échelle un peu large, est la construction en août 1874 de la ligne de 6 kilomètres, qui relie Sully-sur-Loire à la gare de ce nom. Cette ligne, qui peut recevoir 3 fils, n'en a qu'un quant à présent. Le fil est fixé à des isolateurs-arrêts scellés directement à l'extrémité supérieure des poteaux que l'on a façonnée en pointe. La hauteur des poteaux ordinaires au-dessus du sol est de $4^{m},30$; celle des appuis d'exhaussement de $5^{m},30$; les premiers ont 5 mètres de long, $0^{m},040$ sur le plat et $0^{m},044$ sur la nervure; ils pèsent $3^{k},650$ par mètre courant; ceux employés en courbe ont la même longueur, mais leurs dimensions sont de $0^{m},046$ sur le plat et de $0^{m},050$ sur la nervure; leur poids est de 5 kilogrammes par mètre courant. Les poteaux d'exhaussement ont la même section que ces derniers, mais une longueur de 6 mètres. Enfin, on a employé en courbe deux appuis d'exhaussement ayant $0^{m},056$ sur le plat, $0^{m},060$ sur la nervure, et pesant $6^{k},700$ par mètre. Tous ces poteaux, plantés verticalement, sont demeurés verticaux après la pose du fil, malgré la traction qu'ils avaient à subir dans les courbes.

Les fers ont été fournis par la compagnie des forges de Châtillon et Commentry, au prix de 33 francs les 100 kilogrammes. Ils sont de la qualité dite *commune* pour le service de la marine et ils ont amplement satisfait aux épreuves exigées par le département de la marine pour les fers de cette espèce. Les épreuves consistent en ce que les fers doivent supporter sans se rompre une traction de 32 kilogrammes par millimètre carré de section, et en ce qu'ils doivent, sous des charges crois-

santes, s'allonger de 6 p. 100 avant de subir la rupture. En résumé les poteaux sont d'un fer assez bon pour qu'il soit possible de les courber circulairement *à froid*. Les blocs de béton avaient été préparés d'avance à la gare. Ils avaient 1 mètre de hauteur, $0^m,20$ de côté à la tête, une base de $0^m,50$ sur $0^m,20$, et leur forme était celle indiquée par les *fig.* 6 et 7; ils cubaient environ 50 litres et pesaient à peu près 90 kilogrammes. Trois moules ont suffi pour la préparation. Ces moules étaient formés d'un simple pourtour en tôle forte, reposant sur un parquet en sapin. L'écartement des feuilles de tôle était maintenu à l'aide de légères barres de fer, coudées à angle droit et que l'on plaçait verticalement. Deux ou trois heures après la coulée, on enlevait le moule; vingt-quatre heures plus tard, on mettait debout le bloc et le poteau qui y était enfoncé, on en séparait le plancher, et après l'avoir enlevé, on couchait de nouveau le bloc sur le sol.

Le transport s'est effectué facilement et sans aucun bris avec un camion suspendu, sur lequel on a pu placer 12 blocs à la fois. Il est entendu que la partie libre des poteaux était calée, afin de diminuer, autant que possible, les oscillations de leurs extrémités. Dès que les poteaux étaient descendus à pied d'œuvre, on y scellait l'isolateur, et, deux heures après, on les plantait dans des trous ouverts d'avance.

Chacun des ces poteaux a été muni d'un fil de terre de $0^m,005$ de diamètre; ce fil, rivé dans la partie encastrée du fer à T, ressort du bloc et est rabattu le long et à l'extérieur du béton, jusqu'au fond du trou creusé par le plateau.

PRIX DE REVIENT.

Blocs.

23 kil. de ciment de Vassy à 0f,035, soit 0f,80 par bloc et pour 84 blocs	67f,20	
4 mètres cubes de cailloux et 4 mètres cubes de sable à 3f,50	28 ,00	
84 frettes de 1 kil. à 0f,70 l'une	58 ,80	
Main-d'œuvre (un ouvrier et un aide, pendant 8 jours) à 7 fr. par jour	56 ,00	
	210 ,00	210f,00

Poteaux.

55 poteaux de 5 mètres à 6f,79 (façon de la tête et des trous comprise)	373f,55	
29 poteaux de 6 mètres à 9f,39 (façon comprise)	272 ,55	
	646 ,10	646 ,10
Transport, chargement et déchargement		72 ,00
Plantation de 84 poteaux à 1f,45		121 ,80
Total		1.049f,90

La longueur de la ligne est de 5.700 mètres, et les poteaux, construits pour 3 fils, sont aussi hauts que s'ils en devaient porter quatre ; elle revient à 150f,19 par kilomètre pour les poteaux avec les blocs, et à 184f,20 pour l'ensemble des dépenses. Mais il y a lieu de remarquer que ces chiffres ne peuvent être considérés comme une moyenne : 1° parce que le nombre des poteaux d'exhaussement se trouve atteindre exceptionnellement sur la ligne de Sully 30 p. 100 du chiffre total des appuis ; 2° parce que sur chemin de fer la hauteur des poteaux ordinaires serait réduite à 4m,10, ce qui donnerait une économie de 14 francs par kilomètre. Enfin, les frettes fabriquées en grand coûteraient 0f,50 au lieu de 0f,70. Le prix des blocs ne serait plus que de 2f,30 l'un environ, ce qui correspond encore à une économie de 3 francs par kilomètre *.

* Une telle ligne construite sur chemin de fer aurait donc coûté 133 francs. Les lignes à 4 fils sont cotées ci-après 129f,47.

15, 16. — On a commencé en novembre 1874, dans la gare d'Orléans, la construction d'une ligne de 30 fils. Les poteaux sont exactement conformes au modèle n° 1 ci-dessus. Les appuis ordinaires ont une hauteur de 7m,60, et ceux destinés aux traversées de routes une hauteur de 9 mètres. Les fils sont attachés sur les premiers à 4 mètres du sol, et à 5m,40 sur les seconds. Les fers ont la même qualité que ceux employés pour la ligne de Sully, et ont été payés 35 francs les 100 kilogrammes. On a planté 8 appuis en 1874; 34 autres sont nécessaires pour compléter la ligne.

17, 18. — Une section de 7 kilomètres vient d'être établie (juillet 1875) de Châtillon-sur-Loing à Saint-Maurice-sur-Aveyron (Loiret). Les poteaux sont semblables à ceux adoptés pour la ligne de Sully-sur-Loire; mais les isolateurs sont portés par une tige boulonnée, au lieu d'être scellés directement sur le fer a T. La fourniture de cette tige et des boulons qui servent à l'attacher n'est pas d'un prix plus élevé que ne l'était le façonnage en pointe de l'extrémité des fers à T. Cette disposition donne la facilité de remplacer la tige porte-isolateur par une traverse à deux fils et d'ajouter au besoin un second conducteur sur la ligne.

L'expérience ayant montré que le poids des blocs était beaucoup plus que suffisant et que leur forme (*fig.* 6 et 7) était peu commode pour les chargements, les blocs de la ligne de Saint-Maurice ont été réduits à une hauteur de 0m,80 et leur forme à celle d'un prisme rectangulaire à base carrée de 0m,20 de côté. Ils cubent 32 litres et pèsent environ 60 kilogrammes.

Les courbes que présentait le tracé de la ligne étant très-prononcées, j'ai fait, pour la première fois, usage de poteaux en fer à double T pour former des poteaux

d'angle. Ceux que j'ai plantés pèsent seulement $6^{k},500$ par mètre courant; ils ont 40 millimètres de largeur sur le plat et 80 millimètres dans le sens de la nervure. Ils ont donné un résultat très-satisfaisant.

Les divers poteaux, désignés sous les nos 1 à 8, ont été payés, à cause des essais et tâtonnements auxquels leur construction a donné lieu, à raison de 50 francs les 100 kilogrammes pour les fers à T et de 65 francs les 100 kilogrammes pour les barres (les barres de $1^{m},24$ garnies des quatre porte-isolateurs à base carrée pèsent 9 kilogrammes).

Actuellement, les fers de qualité supérieure ne coûtent que de 33 à 35 francs les 100 kilogrammes, suivant les types; les traverses à 4 fils que 50 francs les 100 kilogrammes. Le poids des traverses du nouveau modèle est de 7 kilogrammes environ. Cette réduction du poids et du prix des traverses résulte d'un perfectionnement important introduit dans les porte-isolateurs par M. Badinier, constructeur-mécanicien à Orléans. Au lieu de donner la forme carrée à la partie de cette pièce qui doit traverser la barre, il lui conserve sa forme cylindrique, mais en rétrécissant le diamètre du cylindre de manière que la tige ait toujours une embase. La fixité de la pièce par rapport à la barre est alors assurée par une saillie de 1 millimètre cube, qui se trouve immédiatement sous l'embase et s'engage dans un cran correspondant que l'on a ménagé à l'intérieur de la barre carrée.

Cette simplification en amène une correspondante dans la construction, et produit une économie de 30 p. 100 dans le prix des barres et de leurs accessoires, tant à cause de la diminution du poids de fer employé qu'en raison de ce que l'on peut user davantage des machines pour la fabrication.

Prix de revient des poteaux nos 1 à 18.

NUMÉROS des poteaux.	LONGUEURS	NOMBRE DES FILS			PRIX			OBSERVATIONS.
		posés actuellement.	à poser.	total.	du fer.	du bloc.	total.	
	mèt.				fr.	fr.	fr.	
1	5,50	9	8	17	44,00	7,00	51,00	Poteau d'angle.
2	5,30	9	8	17	23,85	3,00	26,85	
3	5,60	9	12	21	28,00	3,00	31,00	
4	2,70	9	6	15	13,20	»	13,20	
6	6,00	12	13	25	79,50	14,00	93,50	Poteau double.
7	6,30	3	4	7	35,51	3,00	38,51	
8	6,00	9	17	26	67,66	10,00	77,66	Poteau double.
13	5,00	1	2	3	6,79	2,50	9,29	Poteau de Sully.
14	6,00	1	2	3	9,39	2,50	11,89	*Id.*
15	7,60	9	21	30	53,56	7,00	60,56	Poteaux d'Orléans.
16	9,00	9	21	30	61,40	7,00	68,40	
17	5,00	1	1	2	10,72	2,50	13,23	Poteaux de St-Maurice-sur-Aveyron.
18	6,00	1	1	2	12,87	2,50	15,37	

Modifications à apporter au système.

Blocs.

J'ai déjà indiqué que la forme dessinée (*fig.* 6 et 7) pour les blocs avait été abandonnée dans les derniers travaux. Aux raisons que j'en ai données, il convient d'ajouter celle-ci, que cette forme rendait l'exécution des blocs un peu difficile et en augmentait beaucoup la fragilité. Or, la stabilité du poteau, dans le sens normal aux fils (direction où elle est le plus nécessaire), dépend de l'étendue de la surface latérale par laquelle le bloc s'appuie dans ce même sens sur la terre formant la paroi des trous. Il est aisé d'accroître cette étendue en donnant aux blocs la section aplatie représentée *fig.* 1, tout en leur conservant la forme d'un prisme rectangulaire, la plus simple pour les moulages et la plus avantageuse pour les transports.

Poteaux.

Je m'étais attaché jusqu'ici à ne faire usage que de fers à simple T pour les lignes qui doivent, en raison de leur importance, recevoir des traverses à quatre fils. On peut en effet, en adaptant les traverses à ce genre de fers suivant le système décrit plus haut, placer tous les isolateurs dans un même plan vertical, de telle sorte que le poteau présente un aspect satisfaisant aussi bien de côté que de face. Mais ce mode d'emploi impose l'obligation de ne point descendre au-dessous du poids de 11 kilogrammes par mètre courant pour les fers à simple T, afin que les appuis aient une résistance suffisante dans le sens normal aux fils. Or, cette résistance peut être obtenue, dans le cas de lignes de 10 à 18 fils, avec des fers à double T pesant seulement 7^k,500 par mètre courant. Seulement les traverses à quatre isolateurs doivent être alors alternées de part et d'autre des poteaux comme celles à deux isolateurs le sont dans les lignes de 4 à 10 fils (*fig.* 4).

L'économie résultant de l'emploi général de fers à double T est considérable; d'après mes calculs, elle peut atteindre 100 francs par kilomètre dans certains cas. Cet emploi est d'ailleurs inévitable aux points d'angle, à moins qu'on ne veuille placer en ces points exclusivement des assemblages de poteaux jumelés, tels que celui décrit ci-dessus (n° 8). Mais ces assemblages entraînent la dépense de deux blocs, ainsi que des frais de façonnage, d'ajustage et de pose très-considérables.

Les lignes construites suivant le système que je propose ne différeront de celle de Munich à Augsbourg, dont le journal international de Berne a donné la description (n° 11, du 25 novembre 1872), que :

1° Par le mode très-économique adopté pour la plantation des appuis ;

2° Par la forme des traverses, qui sont exécutées avec du fer carré au lieu de fer cornière et présentent ainsi un aspect plus léger ;

3° Par le cran d'arrêt du porte-isolateur (appendice indispensable avec l'isolateur français, mais inutile avec l'isolateur bavarois).

Potelets.

La disposition adoptée pour les potelets de la ville de Blois est susceptible de diverses améliorations. On a employé en effet des traverses à 2 fils munies de porte-isolateurs boulonnés du modèle admis pour les lignes importantes. Il eût été beaucoup plus économique de tourner le potelet de façon que la nervure fût normale à la direction des fils, et d'y adapter des traverses à 2 fils. Les tiges à scellement seraient alors terminées par un boulon, qui traverserait la face plate du **T**. On pourrait, pour obtenir plus de solidité, réunir en outre les mêmes tiges avec la nervure du **T** par un second boulon. Toutefois, ce type offre l'inconvénient que les isolateurs vus de face se trouvent en dehors de l'axe du potelet. Si l'on tenait à les en rapprocher le plus possible, on conserverait la disposition appliquée à Blois, en remplaçant la traverse par deux consoles du modèle employé pour les poteaux en bois, et que l'on fixerait sur la nervure avec deux boulons (*fig.* 5). Le bras des consoles devrait présenter une saillie de $0^m,20$ par rapport à la partie plane, de manière que l'écartement des axes des isolateurs fût de $0^m,40$. On n'aurait plus alors de fenêtre à ouvrir dans la nervure du potelet, hormis pour le passage des tiges à scellement. Les fers, restant presque

dans leur entier, seraient plus forts, et l'on réaliserait une certaine économie de main-d'œuvre.

Aperçu des dimensions proposées pour les diverses lignes *sur chemin de fer* et prix des lignes par kilomètre.

Les lignes de 1 à 8 fils peuvent être faites avec des poteaux armés de traverses à 2 fils; ils ont de $3^m,70$ à 5 mètres de longueur, hormis aux traversées des routes : sur ces points, ils ont de $5^m,60$ à $6^m,80$. J'admets que les blocs sont enfoncés de $0^m,80$ en terre, et le fer encastré jusqu'à $0^m,10$ du fond. La longueur du poteau enfouie au-dessous du sol est alors de $0^m,70$, et le point d'attache des fils se trouve à la hauteur réglementaire de 3 mètres. Quant aux traversées des routes, l'élévation à donner aux fils d'après les arrêtés préfectoraux est ordinairement de $6^m,50$. Ce chiffre est trop fort, car aucun chargement n'atteint la hauteur de $6^m,50$. J'ai obtenu pour les lignes de Sully et de Saint-Maurice-sur-Aveyron de le réduire à $4^m,50$. Ce nombre dépasse encore de $0^m,30$ le minimum fixé pour les viaducs à établir au-dessus des routes les plus importantes pour le passage des voies ferrées. Il peut néanmoins être adopté d'une manière générale. J'ai supposé en outre que les poteaux seraient, dans tous les cas, placés assez près de la voie à traverser pour que la flèche des fils, même pendant les chaleurs de l'été, fût inférieure à $0^m,40$, et j'ai pris $5^m,60$ comme longueur minima des poteaux d'exhaussement.

Enfin, j'ai admis qu'à partir de 10 fils, les lignes seraient formées de fers à double T, armés de traverses à quatre fils.

Prix de revient (par kilomètre).

Les prix ci-après ne comprennent pas la valeur des traverses à 2 ou 4 fils, laquelle est à peu près la même

NOMBRE des fils.	INDICATION des poteaux.	LONGUEUR des poteaux	DIMENSIONS sur le plat.	DIMENSIONS sur la nervure.	POIDS par mètre cour[t].	POIDS total.	PRIX des 100 kilog.	PRIX des poteaux.	POIDS des blocs.	PRIX des blocs.	DÉPENSE totale.
		mèt.	mèt.	mèt.	kil.	kil.	fr.	fr.	kil.	fr. c.	fr.
2	Ordinaires. . . .	3,70	0,030	0,035	2,50	92,50	33,00		100		
	De courbe. . . .	*id.*	0,040	0,044	3,65	40,50					
	D'exhaussement.	5,60	0,046	0,050	5,00	56,00		62,37		30,00	92,37
						189,00					
4	Ordinaires. . . .	4,10	0,040	0,044	3,65	149,65	33,00		100		
	De courbe. . . .	*id.*	0,046	0,050	5,00	61,50					
	D'exhaussement.	6,00	0,046	0,050	5,00	60,00		99,47		30,00	129,47
						271.15					
6	Ordinaires. . . .	4,50	0,046	0,050	5,00	225,00	33,00		100		
	De courbe. . . .	*id.*	0,056	0,060	6,60	89,10					
	D'exhaussement.	6,40	0,056	0,060	6,60	80,48		131,53		30,00	161,53
						398,50					
8	Ordinaires. . . .	5,00	0,046	0,050	5,00	250,00	33,00		100		
	De courbe. . . .	*id.*	0,060	0,075	8,00	120,00					
	D'exhaussement.	6,80	0,060	0,075	8,00	108,80		158,00		30,00	188,00
						478,80					
10	Ordinaires. . . .	4,25	0,055	0,080	7,50	318,75	33,00		80		
	De courbe. . . .	4,25	0,060	0,080	9,00	114,75					
	D'exhaussement.	6,15	0,055	0,080	7,50	92,05		173,43		45,00	218,43
						525,55					
14	Ordinaires. . . .	4,65	0,055	0,080	7,50	348,75	35,00		80		
	De courbe. . . .	4,65	0,060	0,080	11,00	153,45					
	D'exhaussement.	6,55	0,055	0,080	7,50	98,24		210,50		45,00	255,50
						601,44					
18	Ordinaires. . . .	5,00	0,055	0,080	7,50	375,00	35,00		80	30,00	
	De courbe . . .	5,00	0,065	0,100	14,00	210,00			120	15,00	
	D'exhaussement.	7,00	0,060	0,080	9,00	126,00		248,85	120	10,00	303,85
						711,00				55,00	
22	Ordinaires. . . .	5,40	0,060	0,010	10,00	540,00	35,00		120	50,00	
	De courbe. . . .	5,40	0,070	0,010	19,50	315,90			160	33,33	
	D'exhaussement.	7,50	0,065	0,010	14,00	210,00		373,06	160		456,39
						1065,90				83,33	
26	Ordinaires. . . .	6,00	0,065	0,010	14,00	840,00	35,00		180	75,00	
	De courbe. . . .	6,00	0,070	0,010	19,50	351,00			240	50,00	
	D'exhaussement.	7,80	0,065	0,010	14,00	208,00		489,65	240		614,65
						1399,00				125,00	
30	Ordinaires. . . .	6,40	0,065	0,010	14,00	896,00	35,00		240		
	De courbe. . . .	6,40	0,070	0,010	19,50	374,40					
	D'exhaussement.	8,40	0,065	0,010	14,00	235,10		526,96		150,00	676,96
						1505,60					

que celle des consoles employées pour les lignes en poteaux de bois*. Ils ne comprennent pas non plus les frais de préparation des fers à T, c'est-à-dire le percement des trous pour les boulons, parce que ces frais, qui varient de 1 à 2 francs par 100 kilogrammes pour les commandes déjà faites, cesseraient d'être comptés pour des livraisons importantes.

J'ai supposé que les appuis seraient à 65 mètres d'écartement environ; qu'il en faudrait par conséquent 15 par kilomètre, dont 10 ordinaires, 3 pour les courbes et 2 pour les traversées de route.

Poteaux en fer à croix.

Les divers procédés décrits ci-dessus pour attacher les fils aux poteaux en fer à T, traverses à 2 et 4 fils, consoles, etc....., sont également applicables aux poteaux en fer à croix. On pourra donc employer les fers de ce modèle pour le service télégraphique, sur tous les points où leurs qualités particulières de résistance les rendront préférables aux fers à simple T.

* Les barres à 4 fils avec les porte-isolateurs pèsent environ 7 kilogrammes et coûtent 3f,50, soit 0f,87 par fil.

ROLE DU CHARBON DE CORNUE
DANS LES PILES

PAR M. H. SAUVAGE,
Employé contrôleur des lignes télégraphiques.

Depuis que Grove, le premier, a construit en 1839 ses piles à électrodes négatives intérieures en charbon de plombagine, — que M. Bunsen, en 1843, proposant ce genre d'électrode « comme amélioration économique * », a employé autour du vase poreux et du zinc des cylindres de poussière de coke et de houille grasse calcinés en moules, — que M. Archereau, en 1849, revenant à la disposition Grove, a obtenu avec le charbon de cornue en moindre surface une tension plus grande que celle des éléments Bunsen **, — et que, enfin, MM. Liais et Fleury, reprenant en 1852 la disposition Bunsen, en substituant au charbon aggloméré un charbon assez poreux pour permettre le suintement de l'acide, qu'ils cherchaient, ont retrouvé la tension des éléments Archereau *** avec une moindre surface de zinc et un développement plus grand de l'électrode de charbon, on a reconnu que l'emploi du charbon de cornue pour l'électrode négative est avantageux au double point de vue de l'économie et de la conductibilité, et qu'il y a intérêt à augmenter la surface de cette électrode. Cela ressort en-

* Du Moncel, *Exposé des applications de l'électricité*, 3ᵉ éd., t. I, p. 135.
** Daguin, *Physique*, 3ᵉ éd., t. III, 1467.
*** Daguin, *idem*, 1469.

core d'une note adressée à l'Académie des sciences en 1868 par M. Gaiffe, concluant que « le charbon agit, dans les piles Leclanché, en augmentant la surface de l'élément charbon et en portant une partie de cette surface à une très-faible distance du vase poreux * ».

On ne semble pas attribuer d'autre action au charbon, qui, « comme le cuivre, le platine, ou tout autre corps électronégatif, n'aurait d'autre rôle à remplir que celui d'un simple conducteur destiné à partager l'état électrique du liquide et à le communiquer au circuit extérieur ** ».

Comme pour toute autre électrode négative, on s'attache à développer sa surface et à la préserver des bulles d'hydrogène « qui la recouvriraient d'une couche isolante dangereuse pour la conductibilité de l'instrument *** », et qui « créeraient au sein de la pile une force électromotrice en sens inverse de celle développée par l'oxydation du zinc **** ».

Or, dans les divers systèmes où l'on s'est proposé de faire absorber chimiquement l'hydrogène avant son arrivée sur l'électrode négative, soit par un second liquide, soit par un mélange pâteux humide, soit par un oxyde solide, — comme dans ceux où l'on a voulu maintenir la polarisation à son minimum en retardant l'accumulation des bulles de gaz sur l'électrode négative, soit par une couche de sable, soit par du charbon pulvérisé, il est à remarquer que la lame de charbon s'est toujours trouvée emprisonnée dans le liquide, la pâte ou le sable, ou bien dans un vase fermé plus ou moins hermétiquement.

* *Comptes rendus de l'Acad. des sc.*, t. LXVII, p. 459.
** Du Moncel, t. I, p. 139.
*** Bergon, de la Pile télégraphique, *Annales télégraphiques* de 1859.
**** Du Moncel, t. I, p. 141.

M. Leclanché lui-même, dans sa pile au manganèse mêlé par moitié avec du charbon de cornue concassé, n'indique pas d'autre utilité à l'orifice qu'il ménage dans le bouchon de cire de ses vases poreux que celle de « permettre la sortie de l'air lorsque le vase est immergé dans le liquide de la pile * ».

Le charbon a donc toujours, ou presque toujours, été placé dans des conditions trop désavantageuses pour manifester et conserver son action, s'il en a une par lui-même, comme le croient d'ailleurs certains savants, d'après lesquels, dit M. Du Moncel, « le charbon de cornue développerait même une force électromotrice agissant dans le même sens que celle produite par l'oxydation du zinc ** ».

S'il a une action favorable au développement de la force électromotrice du couple où il est employé, il ne peut en tous cas l'exercer et la continuer que si l'on s'oppose à sa polarisation par certaines conditions peut-être mal observées jusqu'ici.

Voici quelques expériences qui paraissent déterminer ces conditions, et quelques observations sur le rôle possible du charbon lorsque ces conditions sont réalisées. Ces expériences, qui demandaient plus de patience et de temps que de science, sont d'ailleurs toutes faciles à répéter et à vérifier.

Trois vases d'eau contenant une dissolution de sel ammoniac étant partagés chacun en deux compartiments par une simple feuille de bois, et le compartiment de l'électrode négative en plomb étant rempli avec du charbon concassé, donnent 17° au galvanomètre avec un cir-

* Du Moncel, t. I, p. 291.
** Du Moncel, t, I, p. 207.

cuit de 50 kil. lorsque les grains de charbon émergent d'un tiers; sans interrompre le circuit, on fait descendre cette déviation à 10° en quatre heures en couvrant d'eau le charbon, et on lui redonne 17° en pompant cette eau jusqu'à l'émergement du charbon; chaque épreuve répétée ramène l'abaissement du courant par l'immersion et le retour à l'intensité normale par l'aération.

Cette remarque, qui expliquerait la prompte défaillance de certains éléments, de ceux par exemple des boîtes médicales de M. Gaiffe et des piles à étuis fermés de M. Trouvé, — établit que la première condition à observer dans l'emploi du charbon est de permettre sa *respiration* dans l'air. Ce mot de respiration semble bien convenir d'ailleurs, car il ne suffit pas, pour que le charbon ait toute son action, qu'il puisse dégager librement l'hydrogène absorbé, il faut aussi qu'il reprenne de l'air, ainsi que le prouve l'expérience suivante, faite avec quatre éléments du modèle Leclanché, sans manganèse, et dont les vases poreux étaient munis de tubes de dégagement recourbés pour recueillir les gaz sous l'eau; le circuit a été laissé fermé sans résistance extérieure pendant plusieurs jours; puis on a installé 50 kilomètres de résistance et observé l'intensité du courant au galvanomètre. Quand les tubes étaient ouverts, la déviation remontait de 2 à 14° en dix minutes, à 19° en une heure cinq minutes. Dans une autre épreuve semblable, le mouvement ascensionnel observé à 17° et demi reste suspendu par le seul fait de l'immersion des tubes de dégagement, le gaz absorbé se dégageant, mais l'air ne pouvant rentrer dans le charbon; si, après quatorze heures pendant lesquelles le mouvement d'ascension restait suspendu, on ouvrait les tubes à l'air, on voyait le mouvement reprendre aussitôt jusqu'à la déviation normale. —

Tant que l'air n'est pas rentré dans le charbon, le gaz dégagé est de l'hydrogène pur; dans l'autre cas, comme on le verra plus loin, il y a de l'hydrogène carboné.

Il est donc nécessaire de n'employer le charbon qu'en lui laissant une large communication avec l'air.

Toutefois, la surface ou le volume du charbon ne semble pas avoir d'influence sur le développement de la force électromotrice, à partir d'une limite donnée, mais seulement sur l'absorption et le dégagement de l'hydrogène : ainsi, 29 éléments construits, en plongeant simplement dans de l'eau salée avec du sel de cuisine, des lames de charbon grossièrement taillées et des fils de zinc de 5 millimètres de diamètre, donnaient avec 200 kilomètres 19° qui descendaient à 8° en une heure de circuit fermé. Du charbon de cornue concassé fut jeté autour des lames de charbon et séparé des zincs par des feuilles de bois. La déviation était encore de 19° au début, mais elle ne descendait plus qu'à 15°, et elle s'y maintenait.

Il paraît donc utile aussi de maintenir une proportion convenable entre le volume absorbant et la quantité d'hydrogène libérée par l'oxydation du zinc.

La résistance intérieure pour des vases poreux de faible capacité augmente en effet avec la quantité de zinc oxydée, et par conséquent avec le nombre des éléments qu'on ajoute. Un groupe de 2 éléments ayant 80 centimètres cubes environ de charbon de cornue a conservé pendant quarante jours dans un circuit fermé de 50 kilomètres une déviation constante de 15°; les électrodes de zinc étaient des fils de $0^{m},01$ ou des fils de $0^{m},001$ de diamètre, et ces derniers, enfermés dans des gaînes de gutta-percha, ne touchaient le liquide que par leur section inférieure; la dépense du zinc était à peu près

0gr,01 par heure. Le petit travail de cette pile se faisait si régulièrement que, lorsque l'épreuve fut arrêtée après quarante jours, aucun dépôt et aucune trace de cristaux ne pouvaient en faire prévoir la fin. Au contraire, si l'on ajoute ces éléments à une pile Marié-Davy, la polarisation augmente avec le nombre des éléments et avec l'usure plus rapide des zincs, c'est-à-dire avec la quantité d'hydrogène libérée.

Il paraît probable que l'intensité d'une pile de ce genre étant donnée, on pourrait, en augmentant progressivement le volume du charbon, arriver à supprimer la polarisation et à régler le débit comme il l'était, par exemple, pour les deux couples ci-dessus. Avec un volume insuffisant de charbon, on ne peut dépasser un nombre de couples limité sans augmenter la résistance du système jusqu'à l'arrêt presque complet de l'action. C'est ce qui arrive avec de petits vases poreux d'une contenance de 7 centimètres cubes.

En résumé, préserver le charbon de tout encrassement où de tout dépôt propre à retarder l'absorption, choisir un charbon poreux et dur à la fois pour éviter l'écrasement, faciliter la respiration dans l'air par une surface égale à celle d'absorption, et augmenter ces surfaces proportionnellement à l'intensité qu'on veut avoir, — telles sont les conditions qu'il importe d'observer dans la construction des électrodes négatives de cette nature.

Dans le but de faire ressortir le rôle que le charbon remplit dans chaque système, le système à charbon de cornue a été comparé avec les systèmes Marié-Davy, Bréguet et Leclanché, en donnant au premier les dimensions des modèles usités pour chacun de ceux-ci.

La pile de M. Bréguet, que M. Du Moncel décrit sous le nom de « pile Fortin à sel ammoniac et à charbon pul-

vérisé* », comme ayant pour électrode négative un prisme de charbon entouré de coke ou de charbon de cornue concassé, serait bien le type des piles à charbon si, au lieu de coke pulvérisé, on n'employait que du charbon de cornue concassé. L'électrode zinc est réduite à sa surface utile, et le vase poreux, d'un large diamètre, domine de moitié la hauteur immergée; mais telle qu'elle existe, par exemple aux usines et bureaux de M. Desmarres à Hondouville et à Louviers, malgré ses dimensions quadruples au moins d'éléments montés avec du charbon de cornue qui lui ont été comparés, elle a accusé une infériorité considérable qui n'est attribuable qu'à la différence du charbon employé.

Comparés à la boussole des sinus avec 200 kilomètres de résistance extérieure, les 12 éléments de M. Breguet à Louviers ont donné 24°; et les 12 éléments semblables à Hondouville ont donné 27°, lorsque 12 petits éléments à charbon de cornue donnaient 36°, et que 12 éléments Marié-Davy de ce dernier modèle donnaient 41° et demi.

Comparés ensuite à dimensions égales avec la même résistance extérieure à des éléments à charbon de cornue n'ayant pour liquide excitateur que de l'eau salée de sel de cuisine, 35 éléments au coke pilé *sans poussière* de M. Bréguet donnèrent 22°, et 35 éléments au charbon de cornue et *eau salée* donnèrent 23°.

Le nombre des éléments ici a donc bien pour effet de diminuer l'intensité en raison de l'insuffisance du volume du charbon.

Laissés en circuit fermé sans résistance extérieure pendant une nuit, les éléments au coke pilé, repris à 4° avec 200 kilomètres, n'étaient remontés qu'à 8° au bout de trois heures et demie, et les éléments à charbon de cornue

* Du Moncel, t. I, p. 295.

retrouvés à 8° donnaient déjà 13° après trois minutes seulement; les premiers ne franchirent pas 8° et redescendirent même à 7°, les autres maintenant 13° et 14°. Reposés, les éléments au coke ne donnèrent ensuite que 15°, les éléments à charbon de cornue donnant 20°.

C'est donc le charbon de cornue qu'il faut employer de préférence.

Les dimensions employées dans cette expérience étaient désavantageuses aux deux systèmes; car, ainsi que l'indiquent d'ailleurs les chiffres ci-dessus, plus on augmente le nombre de ces *petits* éléments, plus on augmente la résistance de la pile, le volume de charbon n'étant plus en rapport convenable avec la quantité d'hydrogène libérée par l'oxydation du zinc, et le retard de l'absorption s'opposant à l'orientation des molécules liquides.

On a aussi employé des éléments du petit modèle Marié-Davy pour comparer le système à charbon avec le système à amalgame dépolarisateur.

Les éléments à charbon étant montés au sel ammoniac à raison de 10 à 20 grammes par élément, et les deux piles faisant, dans l'intervalle des observations, un service télégraphique à peu près égal, voici le résultat de l'expérience comparative faite sur des groupes de 25 éléments à l'aide de la boussole des sinus et avec 200 kilomètres de résistance extérieure. Du 14 au 23 août 1872, les éléments à charbon de cornue montèrent de 20 à 24°, pendant que les éléments Marié-Davy descendaient de 34 à 29°, l'élément à charbon valant ainsi $\frac{407}{485}$ ou 0,84 de l'élément Marié-Davy. Au 23 octobre, les premiers donnant 19° et les seconds 22°, le rapport était encore $\frac{325}{375}$ ou 0,88.

Laissés en circuit fermé avec 200 kilomètres pendant vingt minutes, la pile à charbon descendit de 19 à 13°, où elle se maintint; la pile à sulfate de mercure s'arrêta à 15°, le rapport étant encore 0,87.

Dans ces conditions défavorables au système à charbon, par suite de la polarisation des attaches de plomb insuffisamment abritées de l'air (car, après six mois de service, on trouva du chlorure de plomb hydraté), la pile à charbon a donc une intensité égale à 1,19 de celle d'une pile Daniell de grand modèle, puisque l'élément Marié-Davy vaut 1,37 éléments de cette pile et 1,15 éléments à charbon de cornue petit modèle. Enfin, les deux systèmes ont montré la même constance, et tous deux présentent la même particularité au point de vue de la résistance augmentant avec le nombre des éléments.

D'après des indications données par l'Administration, le système à charbon de cornue, rétabli dans des conditions de surface et d'attaches plus favorables, a été comparé avec le système Leclanché pour vérifier directement si le manganèse reste ou non utile, une fois faite sa réduction au début.

Voici les résultats de ces recherches, qu'il sera facile de vérifier et de compléter en les appliquant à un nombre d'éléments plus grand :

Les deux groupes ne différaient absolument que par la présence du peroxyde de manganèse dans le groupe Leclanché (et peut-être par le plus ou moins de dureté du charbon). Une pile de 5 éléments Leclanché tomba de 39 à 30° au galvanomètre ordinaire, avec un circuit fermé ayant 50 kilomètres de résistance, en trois heures vingt-huit minutes, ce qui représenterait, d'après les calculs de M. Bergon *, environ quatorze heures de transmission télégraphique continue.

* *Annales télégraphiques* de 1860, p. 122.

C'était après cette première période de l'action du bioxyde de manganèse qu'il convenait de comparer l'élément Leclanché à l'élément de charbon de cornue seul, le but étant de déterminer si le premier ne doit réellement qu'au charbon l'action qu'il conserve ensuite, ou bien s'il en doit encore une partie au sesquioxyde de manganèse. — L'expérience a démontré que les deux corps sont utiles.

Dans des essais antérieurs, il avait été admis trop vite que l'élément Leclanché, après la réduction au début, ne vaut absolument que le même modèle sans manganèse, parce que les vases poreux des éléments à charbon avaient été laissés ouverts; ces essais comparatifs furent repris en ayant soin cette fois d'observer, pour les deux systèmes, les mêmes conditions de fermeture des vases poreux, et il a été constaté pendant toute la durée de l'épreuve, c'est-à-dire jusqu'à l'usure des zincs, que la présence du manganèse donne un avantage certain et continu : au début, il donne au groupe de 5 éléments Leclanché 30° au galvanomètre avec 50 kilomètres de circuit, lorsque le groupe de 5 éléments à charbon seul ne donne que 28°. Pendant soixante-douze heures de circuit fermé, ils ont conservé le premier 29 et le second 27°.

En dehors de cette supériorité sensible que le système Leclanché conserve jusqu'à la fin, les deux groupes ont donné les mêmes résultats au point de vue de la constance et à celui de la polarisation avec un circuit fermé : ainsi, après un travail total de quatre-vingts heures avec 50 kilomètres et de cinquante deux heures sans résistance extérieure, les cristaux ne se montrant encore qu'à l'état de formation en fines aiguilles sur les vases poreux, la résistance ayant été de nouveau portée à 50 kilo-

mètres, le groupe à charbon remonta de 22 à 27° en quatre minutes, et le groupe Leclanché de 23 à 27° dans le même temps. — Lorsque les cristaux recouvrirent les vases poreux, les deux groupes ne retrouvèrent leur intensité normale, dans les mêmes circonstances, qu'au bout d'un temps de plus en plus long.

De même, avant le dépôt des cristaux sur les vases poreux, les tubes de dégagement scellés dans l'orifice des bouchons de cire et plongés dans l'eau dégagent tous immédiatement les gaz dans des temps sensiblement égaux en quantités égales; — plus tard, lorsque les cristaux couvrent les vases poreux et les zincs, les tubes de dégagement commencent par absorber de l'eau dès la fermeture du circuit; l'eau y monte à une grande hauteur, puis le gaz chasse cette eau pour se dégager d'abord par un, puis par deux des tubes : c'est toujours, pour les éléments de 4 couples étudiés à ce moment, par le tube de l'élément positif du groupe Leclanché et par le tube de l'élément négatif du groupe à charbon seul que le dégagement commence et se termine; ce fait, qui paraîtrait se rattacher à cette autre observation que les vases poreux de ces deux éléments sont beaucoup moins chargés de cristaux, peut tenir à la nature des vases, mais il serait intéressant de vérifier s'il se reproduit toujours.

L'expérience citée plus haut, et dans laquelle la reprise de l'intensité normale reste suspendue par l'immersion des tubes qui laissent passage aux gaz, se reproduit dans les deux systèmes : elle paraît établir que la rentrée de l'air est aussi utile à l'action du charbon qu'à celle du manganèse.

En résumé, les deux systèmes, cachetés l'un et l'autre suivant le mode Leclanché, c'est-à-dire ne présentant

d'autre voie de communication avec l'air qu'un orifice étroit, se conduisent de même en tout; mais ils maintiennent jusqu'à la fin un avantage de 2° avec 50 km., pour des groupes de 5 éléments, en faveur du manganèse.

En ouvrant au contraire les vases poreux dans les éléments à charbon seul, on leur retrouve cet avantage de 2°, de sorte qu'ils valent alors les éléments Leclanché *cachetés;* en outre, on retarde considérablement la formation des cristaux, et l'on hâte considérablement aussi la reprise de l'énergie après une fermeture du circuit.

Enfin, les vases poreux des éléments Leclanché étant ouverts à leur tour et les comparaisons étant faites à la boussole des sinus avec 50 km. de circuit pour des groupes de 2 éléments :

Ouverts à l'air.	Les éléments Leclanché donnent sensiblement.	6° 8/10
	Les éléments à charbon seul donnent. . . .	6°
Cachetés. . .	Les éléments Leclanché donnent.	6°
	Les éléments à charbon seul donnent.	5° 1/4

Le rapport des intensités est dans chaque cas 1,138.

Il en résulte, du moins pour les dimensions observées : 1° que l'élément Leclanché à vase poreux fermé, sauf l'orifice de dégagement, ne vaut que l'élément à charbon de cornue seul, sans manganèse, pourvu que celui-ci ne soit pas fermé; — 2° que la présence du manganèse augmente la force électromotrice d'une pile à charbon de cornue de 13 à 14 p. 100; — 3° enfin que, en ouvrant les vases poreux de ses éléments à l'air, M. Leclanché augmentera leur force électromotrice de 13 à 14 p. 100 également.

Si de toutes ces observations il ressort que le manganèse, quoique réduit en protoxyde ou sesquioxyde, reste toujours utile, — peut être grâce à la suroxydation de

l'hydrate par la rentrée de l'air en présence du chlore que les courants de polarisation laissent dans le charbon, — il ne semble pas moins probable que le charbon a par lui-même une action qui aurait également besoin de la rentrée de l'air pour se raviver sans cesse.

Il y aurait ainsi dans le charbon autre chose que « cette faculté condensante ou absorbante qui, d'après quelques savants, provoquerait par ce seul fait un dégagement électrique contraire * ».

Dans l'espoir de trouver dans les différences des cristaux et des gaz fournis par les deux systèmes, avec et sans manganèse, quelques indications sur le mode d'action du charbon et de l'air, l'analyse de ces produits a été confiée à l'expérience de M. Édouard Ferray, chimiste à Évreux. Voici les résultats qu'il a trouvés :

Les cristaux recueillis dans les deux systèmes, sur les vases poreux et sur les zincs, sont une combinaison définie de chlorure de zinc, d'ammoniaque et d'eau de cristallisation, où le chlorure de zinc se trouve à l'état anhydre, quoique prenant naissance dans le sein même du liquide.

Ce serait là une conséquence, peut-être spéciale aux piles à charbon, des réactions chimiques exercées, sur les chlorures dissous dans le liquide, par l'hydrogène absorbé par le charbon et rendu au travers du liquide polarisé, lorsque la fermeture des vases poreux s'oppose à son libre dégagement dans l'air.

M. Ferray a reconnu en effet, dans ces cristaux, un sel de la formule spéciale

$$3ZnCl, \ 4AzH^3, \ 4HO$$

possédant la propriété physique de se décomposer en pré-

* Du Moncel, t. I, p. 192.

sence de l'eau suivant la formule :

$$3ZnCl,\ 4AzH^3,\ 4HO = 3AzH^4Cl + AzH^4O + 3ZnO.$$

Il considère ce sel comme le type d'une série de sels analogues dont on pourrait provoquer la formation par des piles à charbon semblables à celles étudiées ici.

Peut-être aussi cette réaction fournit-elle une indication sur le jeu des réactions chimiques directes développées dans la pile.

L'analyse des gaz a donné de son côté un résultat qui paraît aussi digne d'attention, et qui, en établissant que le charbon a bien une action réelle sur l'hydrogène, préciserait et limiterait en même temps l'efficacité du manganèse dans les piles Leclanché après la réduction du bioxyde :

1° Après une fermeture prolongée du circuit, c'est-à-dire alors que l'air du charbon est expulsé et que l'intensité du courant est moindre, les deux systèmes dégagent l'un et l'autre de l'hydrogène pur; la déviation donnée à ce moment par les deux systèmes étant la même, sans avantage pour l'une ou l'autre.

2° Au contraire, au début de l'action, c'est-à-dire dans les conditions ordinaires d'un travail télégraphique, il y a une différence caractéristique entre les deux gaz : celui que fournit l'élément Leclanché contient :

1/2 volume d'hydrogène
et 1/2 volume d'azote et acide carbonique;

celui que fournit l'élément à charbon de cornue sans manganèse contient :

1/2 volume d'hydrogène,
2/6 de volume d'azote et d'acide carbonique
et 1/6 de volume d'hydrogène carboné (C^2H^4).

D'après ces données, sur 4/6 d'hydrogène libéré par

la pile, l'élément Leclanché n'en dégage que 3/6 à l'état d'hydrogène pur, alors que l'élément à charbon seul en renvoie 3/6 à l'état d'hydrogène pur et 1/6 à l'état d'hydrogène carboné. N'est-ce pas dire que la même proportion d'hydrogène libéré par la pile en activité serait oxydée dans l'élément à manganèse et carburée dans l'élément à charbon de cornue seul?

En définitive, le point principal qui paraît ressortir de ces observations est la nécessité de donner aux électrodes négatives de charbon une surface de respiration dans l'air égale à sa surface d'absorption, et d'augmenter ces surfaces proportionnellement à l'intensité qu'on veut avoir.

C'est dans ces conditions d'emploi qu'il importerait de se placer pour rechercher un autre agent réductible sans dépôt nuisible par l'hydrogène, qui fût susceptible d'être ramené par l'air (en présence des liquides et des gaz entraînés dans le charbon par les courants de polarisation) à l'état le plus voisin de son état primitif, et dont l'action s'ajouterait ainsi continuellement à celle du charbon d'une façon plus énergique que le manganèse ne permet de l'obtenir.

APPAREIL AUTOGRAPHIQUE DE M. LENOIR

M. Lenoir, auquel est dû l'appareil autographique que nous nous proposons de décrire, est connu par un grand nombre d'inventions, dont la plus importante est le moteur à gaz qui porte son nom, et qu'il n'est peut-être pas sans intérêt de rappeler.

Sans instruction première*, mais doué d'un esprit chercheur et inventif, M. Lenoir s'est occupé de questions très-diverses qu'il a su s'assimiler par son travail, sa persévérance et une intuition naturelle qui lui a fait deviner les lois principales de la mécanique et de la physique; aussi est-il arrivé chaque fois à des combinaisons nouvelles et à des solutions heureuses, quelquefois à des résultats importants. C'est ainsi que simple ouvrier émailleur à l'âge de vingt-cinq ans, il invente plusieurs outils dont l'usage s'est répandu, des formes nouvelles de bijoux et un émail blanc sans oxyde métallique pour la fabrication des cadrans. En 1852, il crée

* Jean-Joseph-Étienne Lenoir est né à Mury-la-Ville, sur les frontières de la France et de la Belgique, le 12 décembre 1822. Il savait à peine lire et écrire, et n'avait pas encore appris l'orthographe que déjà la nécessité de gagner sa vie le condamnait à se faire colporteur. Il alla donc pendant plusieurs années, de village en village, son ballot sur le dos et une boîte à la main; d'étape en étape il gagna Paris, grandement dégoûté des fatigues et des incertitudes de sa vie errante. Quelques semaines après il entrait à la Taverne anglaise, un des restaurants du Palais-Royal, en qualité d'aide d'abord, de cuisinier plus tard. Robuste et sanguin, il se trouva bientôt mal des ardeurs du feu, et, résolu de changer d'état, il donna toutes ses économies, 400 fr. environ, à un émailleur qui s'engageait à l'initier aux secrets de son art.

(*Illustration*.)

un établissement de galvanoplastie et prend un premier brevet pour un procédé permettant d'obtenir d'un seul coup des rondes-bosses et des statues. Ce procédé, qui consiste à façonner en fils de platine le squelette de l'objet à reproduire et à enfermer ce squelette dans le moule en gutta-percha pour forcer le cuivre galvanique à se déposer dans les plus petits recoins, est encore appliqué dans quelques ateliers.

En 1857 et 1858, M. Lenoir chercha à appliquer l'électricité à la production de signaux automatiques de sûreté sur les chemins de fer; son but était d'obtenir que la distance entre deux trains circulant sur la même voie fût partout et toujours supérieure à 2 kilomètres. Il y parvenait au moyen de disques mobiles rouges amenés, par le passage des locomotives, à couvrir le vide laissé au centre de disques plus grands placés perpendiculairement à la voie. Son système, qui offrait sans doute des inconvénients dans la pratique, n'a pas été adopté.

C'est aussi à cette époque qu'il conçut l'idée du moteur à gaz qui a rendu son nom célèbre. On sait que le principe consiste à faire entrer librement dans un cylindre, alternativement en avant et en arrière du piston, un mélange convenable de gaz d'éclairage et d'air qui s'enflamme par une série d'étincelles produites par une bobine d'induction de Rhumkorff. Ce moteur, toujours prêt à fonctionner, qui occupe peu de place et n'exige ni chaudière ni foyer, est employé dans plusieurs industries.

M. Lenoir a encore inventé un système mécanique de pétrin destiné à marcher à l'aide de sa machine à gaz, un moteur électro-magnétique de la force d'un cheval, un propulseur d'une forme particulière pour les bateaux, puis, pour tirer parti de son propulseur, un mo-

teur à basse pression et de petite force animé par un mélange de vapeur et d'air chaud.

Pendant le siége de Paris, M. Lenoir a organisé à l'un des bastions un appareil d'éclairage électrique au moyen d'une machine magnéto-électrique mise en mouvement par son moteur à gaz et a soumis au gouvernement de la Défense nationale plusieurs propositions ingénieuses.

Il a fait pour obtenir une communication télégraphique sans fil conducteur des essais, qui naturellement n'ont pas abouti, mais qui l'ont conduit à quelques résultats curieux sur la transmission au moyen de fils non isolés.

M. Lenoir a donc des droits à la reconnaissance publique; nous serions d'autant plus heureux de lui en voir obtenir un témoignage, qu'il n'a que bien peu tiré parti de ses inventions.

L'appareil autographique de M. Lenoir a figuré pour la première fois à l'Exposition universelle de 1867; depuis lors il a reçu des modifications importantes qui en ont fait un appareil simple et pratique.

Nous allons le décrire tel qu'il a été présenté en 1873 à l'Administration télégraphique française et essayé sur la ligne de Paris à Bordeaux, sans nous occuper des diverses phases par lesquelles il a passé.

Principe. — A chacun des deux postes correspondants tourne d'un mouvement uniforme un cylindre mis en mouvement par une petite machine électro-magnétique. Cette machine se compose d'un électro-aimant et d'un barreau de fer doux qui tourne au-dessus des pôles; un régulateur indépendant de l'appareil envoie à des intervalles égaux et rapprochés dans l'électro-aimant un courant de courte durée qui attire le barreau mobile au mo-

ment où il se rapproche des pôles et par conséquent entretient son mouvement de rotation, dont la vitesse dépend uniquement de la durée des intervalles qui séparent les émissions de courant. Les deux régulateurs étant disposés de façon à marcher synchroniquement, la durée de la révolution du cylindre est la même aux deux extrémités de la ligne.

Cette machine électro-magnétique remplace le gros pendule de l'appareil Caselli et donne un mouvement de rotation au lieu d'un mouvement de va-et-vient.

Au poste expéditeur, la dépêche est écrite à l'aide d'une encre isolante sur une feuille de papier métallique qu'on enroule sur le cylindre ; une pointe de métal appuie sur le papier et avance à chaque tour du cylindre de façon à décrire une hélice dont les spires sont très-voisines les unes des autres. Lorsque la pointe passe sur les traits marqués à l'encre, un courant positif est envoyé sur la ligne ; quand elle passe sur le métal, un faible courant négatif, nommé par M. Lenoir courant de *vidage*, est envoyé et subsiste jusqu'à un nouveau passage sur l'encre isolante.

Au poste qui reçoit, une feuille de papier blanc est enroulée sur le cylindre et ses bords sont collés de façon à former une surface continue. Une plume métallique ordinaire imprégnée d'encre est mise en jeu par un électro-aimant ; à chaque passage du courant positif elle s'abaisse et laisse sur le papier une trace dont la longueur correspond à la durée du courant positif. Le mouvement de la plume n'exigeant qu'une très-faible force, l'appareil fonctionne directement sous l'influence du courant de la ligne : on évite ainsi l'emploi d'un relais.

L'armature de l'électro-aimant est un petit aimant qui se soulève sous l'influence du courant positif et est ra-



mené à sa position par un ressort antagoniste lorsque le courant positif est interrompu.

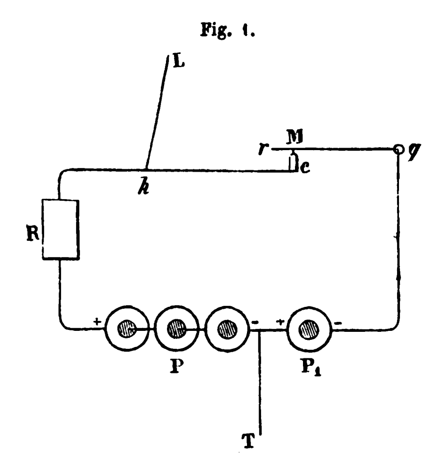
Chaque appareil est d'ailleurs installé de façon à pouvoir servir comme transmetteur ou comme récepteur; à cet effet, un petit chariot, qui est entraîné dans le sens de l'axe du cylindre lorsque ce dernier tourne, porte l'électro-aimant, la plume et la pointe métallique. En manœuvrant un petit levier, on élève la plume et l'on abaisse le style pour transmettre, ou bien on abaisse la plume et l'on élève le style pour recevoir, en même temps qu'au moyen d'un commutateur on intervertit les communications.

Ainsi qu'on l'a dit, M. Lenoir a eu l'idée d'envoyer sur la ligne un faible courant négatif, qui est transformé en courant positif au moment où la pointe métallique passe sur l'encre isolante. Ce résultat s'obtient par une disposition très-simple, déjà adoptée par M. Caselli dans ses premiers appareils autographiques et applicable à tous les appareils analogues dans lesquels le manipulateur n'a pour fonction que d'établir et d'interrompre une communication *.

Soit M (*fig.* 1) le manipulateur, réduit à une lame *rq* qui touche un contact *e* ou peut en être éloignée : *e* est, par exemple, le papier argenté d'un appareil autographique, et *rq* le style qui établit ou rompt le circuit, suivant qu'il passe sur le métal ou l'encre isolante. On dispose deux piles P et P_1, dont l'une P, destinée à produire le courant pour la transmission, a son pôle négatif en communication avec la terre en T et avec le pôle positif d'une petite pile P_1; son pôle positif est relié au fil de

* Il n'en est pas de même dans les appareils ordinaires, Morse, à cadran, etc., où le manipulateur établit alternativement la communication avec le fil de la ligne et avec le récepteur du poste qui transmet.

Fig. 1.



ligne *h*L et au contact *e* du manipulateur. Le pôle négatif de la petite pile P_1 communique avec la lame *qr* du manipulateur. R est un rhéostat placé dans le circuit de la grande pile P.

Si le contact est interrompu entre *e* et *rq*, le courant de la pile P passe entièrement sur la ligne L. Si *e* est en communication avec *rq*, le fil de ligne est parcouru par un courant qui est égal à la différence des deux courants contraires produits par les piles P et P_1. Il est facile de régler la pile P_1 et la résistance du rhéostat R de façon que le courant négatif de P_1 l'emporte et soit une fraction déterminée du courant positif qui circule sur la ligne quand le circuit est rompu entre *e* et *rq**.

Lorsqu'on supprime ce courant négatif en enlevant la

* Soit L la résistance de la ligne et de l'électro-aimant du récepteur, R celle de la partie du circuit *h*RP, comprenant le rhéostat et la pile P, *r* la résistance de la pile P_1, E et E_1 les forces électromotrices des deux piles.

L'intensité du courant positif qui passe lorsque *e* est isolé est $\frac{E}{R+L}$.

Si *e* communique avec *sq*, la pile P produit sur la ligne un courant positif égal à

pile P_1 et la remplaçant par un fil conducteur d'une résistance à peu près nulle, le jeu de l'armature est plus lent et l'appareil fonctionne moins bien. Ce courant a surtout pour effet d'agir sur l'électro-aimant du poste correspondant en contribuant à détruire son magnétisme rémanent et à ramener l'armature aimantée à sa position normale *.

Nous signalerons encore une disposition imaginée par M. Lenoir dans le but de diminuer le magnétisme rémanent du fer doux de l'électro-aimant. Autour de la bobine parcourue par le courant est enroulée sur chacune des branches une seconde bobine dont une extrémité est isolée, tandis que l'autre est en communication avec le fil principal. Nous ne pensons pas que cette disposition, qui revient à fixer le fil de ligne et le fil de terre, non aux extrémités des bobines, mais en un point intermédiaire,

$$\frac{Er}{RL + rR + rL}.$$

La pile P_1 un courant négatif égal à

$$\frac{E_1R}{RL + rR + Lr}.$$

Le courant résultant est donc

$$\frac{E_1R - Er}{RL + rR + Lr}.$$

Il sera négatif et l'on a

$$E_1R > Er \quad \text{ou} \quad \frac{E_1}{r} > \frac{E}{R}.$$

C'est pour avoir ce résultat qu'on augmente R au moyen du rhéostat; on y arrive aussi en formant la pile P_1 d'éléments moins résistants que ceux de la pile P.

* Les courants négatifs sont employés avec succès pour décharger les lignes et rendre la transmission plus rapide, notamment sur les lignes sous-marines, mais ce courant ne doit durer qu'une fraction de l'intervalle de temps qui sépare deux émissions consécutives; il ramène seulement la ligne à l'état neutre sans produire une charge contraire.

puisse avoir un effet utile, car la bobine supplémentaire ainsi ajoutée ne peut produire qu'un courant de décharge ou un courant d'induction insignifiant.

Description. — Les *fig.* 2 et 3 représentent les dispo-

Fig. 2.

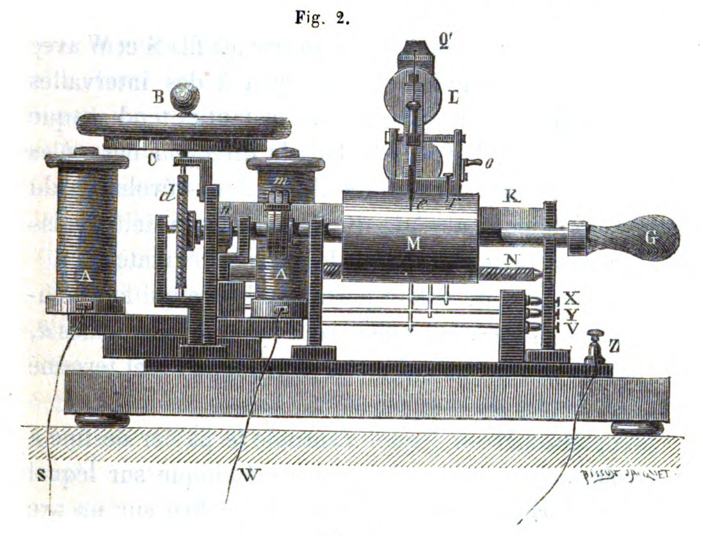
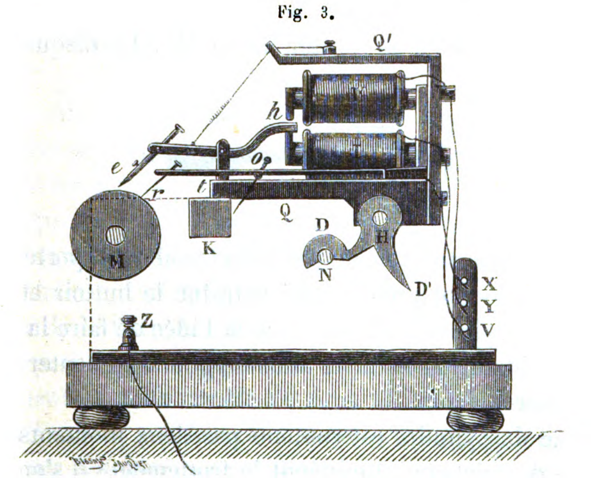


Fig. 3.



sitions principales de l'appareil, dont les dimensions sont à peu près celles d'un récepteur Morse ordinaire.

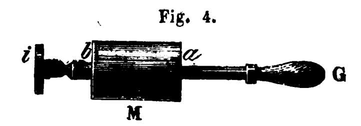
La machine électro-magnétique comprend un électro-aimant AA' et un volant horizontal B au-dessous duquel est fixé suivant un diamètre un barreau C en fer doux.

L'électro-aimant est en relation par les fils S et W avec une pile et un régulateur; il reçoit à des intervalles réguliers un courant qui dure un instant et tend chaque fois à amener le barreau C dans la direction des pôles de l'électro-aimant. La durée d'une demi-révolution du volant est donc égale à la durée qui sépare deux émissions : nous reviendrons plus loin sur le régulateur.

L'axe vertical du volant porte une hélice qui fait mouvoir, par l'intermédiaire de la roue à dents héliçoïdales *d*, un petit arbre horizontal muni d'un pignon *n* et terminé par un disque *m*.

Le cylindre M sur lequel s'enroule le papier destiné à recevoir la dépêche ou le papier métallique sur lequel on écrit l'original est en cuivre; il est fixé sur un axe terminé d'un côté par une poignée G et de l'autre par un disque muni d'un buttoir *i* (*fig.* 4). Le disque *m*,

Fig. 4.



qui est mis en mouvement par l'électro-aimant, porte lui-même une petite traverse qui entraîne le buttoir et fait tourner le cylindre. M. Lenoir a eu l'idée de faire la traverse et le buttoir en acier aimanté pour augmenter leur adhérence.

L'axe du cylindre est soutenu par deux montants, au moyen de galets qui diminuent le frottement; il s'enlève

avec la plus grande facilité pour être remplacé quand il y a lieu.

Pour recevoir, on enroule sur le cylindre M une feuille de papier ordinaire dont on colle les bords. Pour transmettre, on substitue au papier ordinaire une feuille de papier argenté qui s'enroule également autour du cylindre. Cette feuille pénètre dans une rainure pratiquée suivant une génératrice ; une tige mobile *ba* qu'on soulève et qu'on abaisse à volonté comble le vide de cette rainure, maintient la feuille argentée et établit un contact métallique avec le cylindre de cuivre.

On prépare à l'avance un certain nombre de ces cylindres contenant, les uns du papier blanc, les autres des feuilles métalliques sur lesquelles sont écrits les télégrammes, de façon à n'avoir qu'à les placer sur les montants en les tenant par la poignée G.

La plume *e*, l'électro-aimant I' et la pointe métallique *r*, destinés à appuyer sur le papier argenté, sont supportés par un chariot QQ' qui glisse sur une tige métallique H (*fig.* 2 et 3); il repose par la partie antérieure sur une tringle rectangulaire K, sur laquelle il glisse. Un bras D terminé par un demi-cylindre en cuivre muni de rainures, embrasse un axe N qui est mis en mouvement par la machine électro-magnétique en même temps que le cylindre au moyen du pignon *n* ; cet axe porte une hélice qui s'engage dans les rainures du bras D, de sorte qu'en tournant il fait avancer le chariot horizontalement.

Le chariot peut basculer autour de l'axe H, ce qui permet de le faire mouvoir horizontalement pour changer sa position par rapport au cylindre et de remplacer facilement le cylindre M. Le bras D', qui vient butter contre l'axe N, est destiné à soutenir le chariot, quand on le fait basculer autour de l'axe H.

La plume *e* est une plume métallique ordinaire; elle est fixée sur un petit support à l'extrémité d'une tige terminée d'autre part par l'armature *h* de l'électro-aimant. Cette armature est un petit aimant recourbé dont un des pôles oscille entre deux appendices en fer doux, fixés sur les pôles de l'électro-aimant II'.

Lorsque le courant positif traverse le fil de l'électro-aimant, le bras *h*, attiré par le pôle supérieur et repoussé par l'autre pôle, est soulevé; la plume s'abaisse sur le cylindre et, comme elle est imprégnée d'encre, elle laisse sur le papier une trace qui persiste pendant tout le temps que passe le courant. Un ressort de rappel fixé au sommet du chariot ramène l'armature à sa position et éloigne la plume lorsque le courant est interrompu.

La pointe métallique *r* qui doit appuyer sur la feuille métallique, lorsqu'on transmet, est fixée à l'extrémité d'un ressort *t*.

Pour transmettre, la pointe *r* doit être abaissée tandis que la plume doit être soulevée de façon à ne pouvoir toucher même accidentellement le cylindre.

Le contraire doit avoir lieu lorsqu'on reçoit.

Cet effet est obtenu au moyen d'une petit levier terminé par une poignée O qu'on fait mouvoir dans un sens ou dans l'autre, et qui porte une petite goupille intercalée entre le ressort *t* et la base du chariot. Lorsque le levier est vertical, la goupille soulève le ressort *t* et écarte la pointe *r* du cylindre M. Si, au contraire, comme dans la figure, la poignée O est amenée vers la droite, le ressort s'abaisse et la pointe appuie sur le cylindre. La plume est naturellement placée à une certaine distance du papier et reste en repos quand on transmet, puisque le courant ne traverse pas l'électro-aimant; néanmoins, afin de l'éloigner davantage, M. Lenoir a fixé à la partie infé-

rieure du levier un petit verrou qui, lorsque la poignée O est poussée vers la droite, s'interpose entre la barre K et la base Q du chariot et soulève légèrement ce dernier sans l'empêcher de glisser; ce verrou n'est pas représenté sur la figure.

Le cylindre de cuivre M est en communication permanente par le massif de l'appareil avec la borne extérieure Z; la pointe *r* et les deux fils de l'électro-aimant communiquent avec trois tiges isolées par des montants en ébonite et terminées par des bornes X, Y et V, auxquelles se fixent les fils de pile, de ligne et de terre. La communication a lieu au moyen de trois ressorts qui pressent fortement les tiges et qui se meuvent avec le chariot.

Régulateur. — Le régulateur qui communique le mouvement à la machine électro-magnétique est complétement séparé de l'appareil.

M. Lenoir avait d'abord employé un pendule conique dont le mouvement était entretenu par un mécanisme d'horlogerie. Ce pendule, qui faisait une révolution par seconde, avait son extrémité inférieure engagée dans la rainure d'un bras horizontal muni d'un frotteur; ce dernier, en appuyant sur une roue interruptrice horizontale portant des reliefs métalliques, envoyait quatre courants par seconde.

Le pendule conique, dont le prix était assez élevé, a été remplacé en dernier lieu par le pendule d'une horloge commune, vulgairement appelée *coucou*. Ces horloges, dont le moteur est un poids, marchent avec une grande régularité.

Afin d'éviter les frottements, M. Lenoir a disposé l'appareil comme le montre la *fig.* 5.

La lentille E du pendule de l'horloge D supporte un aimant permanent à trois branches F; les deux bran-

La plume *e* est une plume métallique ordinaire ; elle est fixée sur un petit support à l'extrémité d'une tige terminée d'autre part par l'armature *h* de l'électro-aimant. Cette armature est un petit aimant recourbé dont un des pôles oscille entre deux appendices en fer doux, fixés sur les pôles de l'électro-aimant II'.

Lorsque le courant positif traverse le fil de l'électro-aimant, le bras *h*, attiré par le pôle supérieur et repoussé par l'autre pôle, est soulevé ; la plume s'abaisse sur le cylindre et, comme elle est imprégnée d'encre, elle laisse sur le papier une trace qui persiste pendant tout le temps que passe le courant. Un ressort de rappel fixé au sommet du chariot ramène l'armature à sa position et éloigne la plume lorsque le courant est interrompu.

La pointe métallique *r* qui doit appuyer sur la feuille métallique, lorsqu'on transmet, est fixée à l'extrémité d'un ressort *t*.

Pour transmettre, la pointe *r* doit être abaissée tandis que la plume doit être soulevée de façon à ne pouvoir toucher même accidentellement le cylindre.

Le contraire doit avoir lieu lorsqu'on reçoit.

Cet effet est obtenu au moyen d'une petit levier terminé par une poignée O qu'on fait mouvoir dans un sens ou dans l'autre, et qui porte une petite goupille intercalée entre le ressort *t* et la base du chariot. Lorsque le levier est vertical, la goupille soulève le ressort *t* et écarte la pointe *r* du cylindre M. Si, au contraire, comme dans la figure, la poignée O est amenée vers la droite, le ressort s'abaisse et la pointe appuie sur le cylindre. La plume est naturellement placée à une certaine distance du papier et reste en repos quand on transmet, puisque le courant ne traverse pas l'électro-aimant ; néanmoins, afin de l'éloigner davantage, M. Lenoir a fixé à la partie infé-

rieure du levier un petit verrou qui, lorsque la poignée O est poussée vers la droite, s'interpose entre la barre K et la base Q du chariot et soulève légèrement ce dernier sans l'empêcher de glisser; ce verrou n'est pas représenté sur la figure.

Le cylindre de cuivre M est en communication permanente par le massif de l'appareil avec la borne extérieure Z; la pointe *r* et les deux fils de l'électro-aimant communiquent avec trois tiges isolées par des montants en ébonite et terminées par des bornes X, Y et V, auxquelles se fixent les fils de pile, de ligne et de terre. La communication a lieu au moyen de trois ressorts qui pressent fortement les tiges et qui se meuvent avec le chariot.

Régulateur. — Le régulateur qui communique le mouvement à la machine électro-magnétique est complétement séparé de l'appareil.

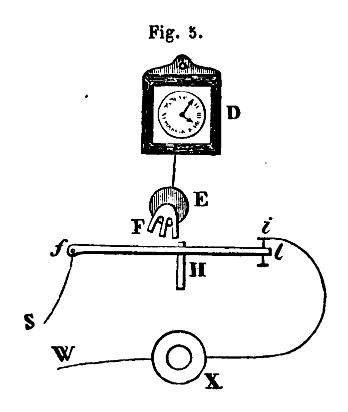
M. Lenoir avait d'abord employé un pendule conique dont le mouvement était entretenu par un mécanisme d'horlogerie. Ce pendule, qui faisait une révolution par seconde, avait son extrémité inférieure engagée dans la rainure d'un bras horizontal muni d'un frotteur; ce dernier, en appuyant sur une roue interruptrice horizontale portant des reliefs métalliques, envoyait quatre courants par seconde.

Le pendule conique, dont le prix était assez élevé, a été remplacé en dernier lieu par le pendule d'une horloge commune, vulgairement appelée *coucou*. Ces horloges, dont le moteur est un poids, marchent avec une grande régularité.

Afin d'éviter les frottements, M. Lenoir a disposé l'appareil comme le montre la *fig.* 5.

La lentille E du pendule de l'horloge D supporte un aimant permanent à trois branches F; les deux bran-

Fig. 5.



ches extrêmes sont terminées par un pôle sud, et celle du milieu par une pôle nord. En face se trouve un levier *fl*, mobile autour d'un axe *f*; l'extrémité *l* oscille entre deux buttoirs, dont le supérieur *i* communique avec un des pôles d'une pile locale X, l'autre pôle étant relié à l'axe *f* par l'intermédiaire des conducteurs W et S et du fil de l'électro-aimant AA' (*fig.* 2).

La tige *fl* supporte un petit aimant H, dont le pôle sud se trouve à la partie supérieure en présence de l'aimant à trois branches F. Lorsque le pendule oscille, l'aimant H est attiré au moment où la branche du milieu passe au-dessus; la tige *fl* se soulève, son extrémité *l* venant toucher le buttoir *i* ferme le circuit de la pile motrice X; un des autres pôles de l'aimant à trois branches passe ensuite au-dessus de l'aimant H et produit une répulsion qui contribue avec le poids de la tige et un ressort de rappel, s'il y a lieu, à rompre le circuit qui n'est fermé que pendant un instant très-court, mais suffisant pour le jeu de la machine électro-magnétique.

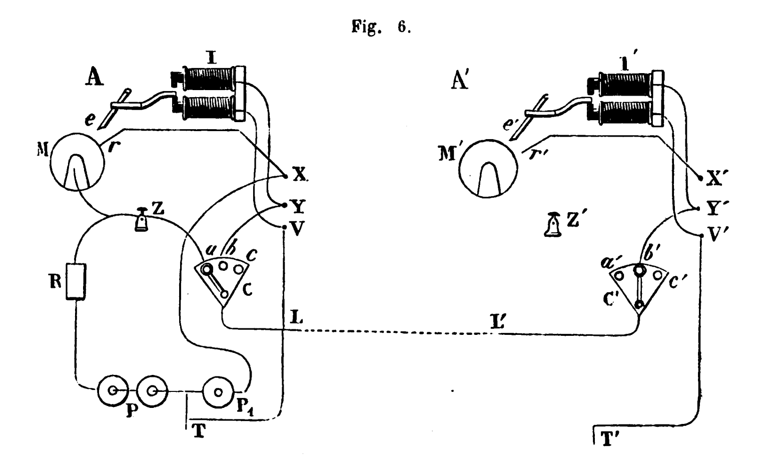
Le pendule exécute à peu près 80 oscillations complètes par minute; il passe donc dans l'électro-aimant

moteur 160 courants par minute, qui produisent 80 révolutions du volant. Les engrenages sont calculés de façon que cette vitesse du volant corresponde à 20 tours du cylindre, qui exécute par conséquent un tour en 3 secondes.

La pile employée par M. Lenoir pour faire fonctionner la machine électro-magnétique est composée de seize grands éléments à perchlorure de fer.

Transmission. — La *fig.* 6 montre la disposition des

Fig. 6.



communications pour deux postes correspondants A et A', M et M' sont les deux cylindres, I et I' les électro-aimants qui font mouvoir les plumes *e* et *e'* ; *r* et *r'* les deux styles, X, Y, V et X', Y', V' les projections des tiges fixes contre lesquelles appuient les ressorts destinés à établir les communications ; Z et Z' les bornes qui communiquent aux massifs des appareils et aux cylindres. C et C' sont deux commutateurs dont l'axe est relié au fil de ligne LL'. Pour transmettre, on place le ressort mobile sur les touches *a* et *a'*, pour recevoir sur les touches *b* et *b'*; une

troisième touche *c* et *c'* est en communication avec un parleur, une sonnerie ou un système Morse composé d'un manipulateur ou d'un récepteur.

Ainsi qu'on l'a dit plus haut, un faible courant négatif doit succéder au courant positif qui fait marcher le récepteur; on a donc, comme dans la *fig.* 1, deux piles P et P_1 en communication par leurs pôles contraires et avec la terre en T; le pôle positif de la grande pile P est relié à la touche *a* du commutateur et, par l'intermédiaire d'un rhéostat R et de la borne Z, au cylindre M; le pôle négatif de la pile P_1 est en communication par la tige X avec la pointe métallique *r*. Enfin les deux extrémités du fil de l'électro-aimant communiquent par l'intermédiaire des tiges V et Y, l'une avec la terre et l'autre avec la touche *b* du commutateur. Les communications sont identiques aux deux postes A et A'.

A l'état ordinaire, les ressorts des commutateurs sont sur les touches *c* et *c'*. Si l'employé du poste A veut transmettre, il en avertit son correspondant, en envoyant un courant qui fait marcher la sonnerie, place le ressort de son commutateur sur la touche *a*, fait mouvoir la manette O (*fig.* 3) de façon à amener la pointe *r* sur le cylindre et à en éloigner la plume. Au poste A' on place le ressort du commutateur sur la touche *b'* et l'on éloigne le style du papier; enfin aux deux postes, on met la machine électro-magnétique en marche, en imprimant un mouvement au volant. Au bout d'un instant la vitesse devient uniforme, et si les régulateurs ont été convenablement réglés, les cylindres exécutent une révolution dans le même intervalle de temps. Tant que la pointe *r* appuie sur le papier métallique, le circuit des piles P et P_1 est fermé directement et il ne passe sur la ligne qu'un faible courant négatif, qui contribue à maintenir la

plume *e'* éloignée du cylindre. Lorsque la pointe du style passe sur un trait, la communication avec le cylindre M est interrompue, le courant de la pile P suit le chemin *rZa*LL'*b'*Y', traverse l'électro-aimant I' et se rend à la terre en T'. L'armature est soulevée et la plume *e'* vient toucher le papier ; elle s'éloigne dès que le courant est interrompu, c'est-à-dire dès que la pointe *r* touche de nouveau le métal. La dépêche écrite sur la feuille métallique qui enveloppe le cylindre M est donc reproduite sur le papier blanc de M' par une série de hachures parallèles.

Sur la feuille de papier se trouve une ligne blanche correspondant à la lame métallique *ab* (*fig. 4*) qui sert à maintenir la feuille argentée sur le cylindre du poste expéditeur. Quand la transmission est terminée, on coupe avec un canif, en suivant cette ligne, la feuille de papier qu'on développe sans s'inquiéter de ses bords, qui ont été appliqués l'un sur l'autre et collés.

L'employé du poste expéditeur, lorsqu'il a posé son cylindre, qu'il a amené le chariot en face de l'extrémité de la dépêche à transmettre et qu'il a mis l'appareil en mouvement, n'a qu'à s'assurer de temps en temps que son courant passe sur la ligne, en examinant le galvanomètre qui se trouve placé dans le circuit du fil.

A l'autre poste, l'employé doit surveiller la réception et s'assurer que les caractères qui se dessinent peu à peu sont bien formés. Il entretient avec un pinceau l'encre de la plume métallique, règle lorsqu'il y a lieu le synchronisme ou le jeu de l'armature de l'électro-aimant, enfin interrompt la transmission quand les signaux reçus sont illisibles.

Une ligne droite tracée à l'encre sur la feuille argentée suivant une génératrice doit se reproduire sur le cylindre récepteur. Si cette ligne arrive inclinée, on en conclut que

le mouvement est trop rapide ou trop lent au poste qui reçoit, et l'on rétablit la concordance en relevant ou en abaissant la tige du pendule régulateur.

Il n'est même pas besoin de ligne directrice pour l'écriture ordinaire; la simple inspection des lettres reçues suffit pour faire reconnaître si les mouvements sont suffisamment synchroniques.

Au poste expéditeur, on peut facilement interrompre la transmission en envoyant un ou plusieurs courants positifs de longue durée qui produisent sur la feuille de papier de l'autre poste de longs traits faciles à distinguer et qui appellent l'attention. Mais à ce dernier poste, on est sans action sur l'appareil du poste expéditeur puisque l'électro-aimant n'est pas dans le circuit.

On y supplée au moyen d'un parleur ou d'un relais à armature aimantée qu'on intercale dans le circuit lorsqu'on transmet; il reste en repos pendant la transmission et ne fonctionne que lorsqu'il est traversé par le courant du poste correspondant ajouté au faible courant négatif produit par la pile de décharge. Pour interrompre, l'employé du poste qui reçoit met, au moyen du commutateur, la ligne en communication avec un manipulateur ordinaire et envoie un courant.

La surveillance des appareils de transmission ou de réception, lorsque les appareils sont bien réglés, n'exige qu'un peu d'attention; aussi un employé peut-il être chargé de surveiller plusieurs appareils et, pendant leur marche, il a le temps de préparer les cylindres de réception ou de transmission de façon à n'avoir qu'à les remplacer au moment voulu.

Vitesse de transmission. — Les cylindres sur lesquels sont enroulés les dépêches ont 70 millimètres de longueur; leur circonférence a un développement de 182 mil-

limètres, mais une petite bande longitudinale d'environ 12 millimètres de largeur correspondant à la lame qui tient la feuille métallique (*ba*, *fig.* 4) est perdue pour la transmission, de sorte que la largeur du papier employé utilement est de 170 millimètres. La surface totale d'une feuille enroulée sur le cylindre et qui peut être recouverte de signaux est de 120 cent. carrés.

Les spires de l'hélice qui fait avancer le chariot sont éloignées les unes des autres de 1/3 de millimètre. Les hachures qui forment les dépêches se suivent donc à 1/3 de millimètre de distance et il faut 3 tours de cylindre pour que la plume ou le style parcoure la surface correspondant à 1 millimètre de longueur.

Comme le chariot exécute un tour en 3 secondes, le temps employé pour chaque millimètre de longueur du papier est de 9 secondes, et la surface entière du cylindre est parcourue en 810 secondes ou 13 minutes et demie.

Le décret du 14 août 1869 a fixé à 24 centimètres carrés la surface métallique de la dépêche simple autographique ; cette surface, qui correspond à une longueur du cylindre égale à 14 millimètres, est parcourue en 126 secondes ou 2 minutes 6 secondes.

Dans cette étendue de 24 centimètres carrés, on pourrait, en employant une écriture fine et serrée, inscrire un grand nombre de mots ; mais dans la pratique pour obtenir à l'extrémité d'une ligne de 5 à 600 kilomètres des caractères bien nets et bien formés, on ne doit pas dépasser le nombre de 28 à 30 mots.

On peut donc admettre que l'appareil autographique de M. Lenoir peut transmettre par heure 30 dépêches de 28 à 30 mots. Cette vitesse a été facilement obtenue dans les expériences qui ont été faites en 1873 entre Paris et Bordeaux.

Si l'on augmentait la vitesse de rotation du cylindre et l'espacement des hachures, on obtiendrait le même effet qu'en employant une écriture plus fine; on augmenterait le rendement, mais au détriment de la netteté des dépêches.

E. B.

NOUVEAU SYSTÈME DE TÉLÉGRAPHIE OPTIQUE,

PAR M. A. LÉARD,

Employé du télégraphe.

Je me suis préoccupé d'une question fort grave, qui n'avait pas été résolue jusqu'à ce jour : « Permettre à deux stations de communiquer optiquement à de grandes distances, quels que soient les obstacles qui pourraient s'élever entre elles. »

Jusqu'ici, il avait fallu que les deux postes extrêmes fussent en vue pour entrer en relation. Mais si un bois, une montagne ou un *impedimentum* quelconque s'interposaient entre les correspondants, toute manifestation de la pensée devenait impossible. J'ai eu l'idée de prendre le ciel comme un écran sur lequel se liraient les caractères Morse. Je projette dans l'espace un faisceau de rayons produits par la lumière électrique et ramenés sensiblement au parallélisme par le moyen d'un petit réflecteur parabolique.

L'essai de ce mode nouveau de transmission a été fait à Alger par les ordres du Gouverneur général.

Voici les instruments employés et la façon dont les expériences ont été conduites :

50 éléments Bunsen, grand modèle, disposés en tension, servaient de générateur à l'arc voltaïque, régularisé automatiquement par l'appareil Serrin. Celui-ci était placé sur une plate-forme mobile permettant aux rayons

projetés de balayer tous les points de l'horizon. Quant à l'angle sous lequel on pouvait émettre le faisceau lumineux, il s'obtenait par l'inclinaison plus ou moins grande de bas en haut et de haut en bas, du réflecteur parabolique mobile à son foyer. La manipulation se faisait avec un obturateur des plus élémentaires. Il se composait d'un simple disque en bois muni d'une queue et tenu à la main. Avec cet instrument, on voilait plus ou moins de temps la gerbe émise sous un angle de 40 a 45 degrés, et l'on figurait ainsi les brèves et les longues constituant les signaux Morse.

Une montagne de plus de 200 mètres s'élevait entre l'observateur et la source lumineuse. Toutes les dépêches transmises de la façon ci-dessus ont été parfaitement lues et renvoyées textuellement. Le ciel était sombre et légèrement brumeux. Le cône projeté se dessinait sous un angle très-faible ayant toutes les apparences d'une queue de comète du plus bel aspect. De Fort-National, distant d'Alger à vol d'oiseau de 25 lieues, les intervalles longs et courts étaient très-distincts. Nous avons renouvelé l'épreuve par un temps très-sec et à la lumière de la lune : elle n'a pas été aussi favorable. Quelques lueurs fugitives ont été vues à grand'peine à 100 kilomètres. La lecture télégraphique n'a pas été possible. En mer, où les couches supérieures de l'atmosphère sont toujours humides, je crois que, même par un ciel serein et illuminé par le rayon lunaire, on pourrait déchiffrer les signaux à 10 ou 15 lieues. Toutefois il serait désirable que la correspondance pût s'effectuer dans toutes les circonstances analogues. J'ai constaté d'une manière concluante que l'arc voltaïque, vu directement à travers un verre rouge, était perceptible à une très-grande distance, mais que le pinceau lumineux traversant ce

même verre cessait d'être visible à une très-faible portée.

Je proposerais, pour résoudre cette difficulté, de colorer l'arc voltaïque lui-même au moyen de poudre de nitrate de strontiane ou de limaille d'un métal convenablement choisi. Le nitrate de strontiane, comme chacun le sait, fournit une nuance pourpre magnifique. Ce sel étant très-volatil ne serait injecté sur le foyer lumineux qu'au fur et à mesure des besoins de la transmission. J'ai imaginé un petit appareil qui donnerait ce résultat, et un manipulateur qui ne produirait la lumière électrique qu'au moment où il faut exprimer une *brève* ou une *longue*. Dans la transmission Morse, il est tout à fait inutile d'avoir un foyer lumineux permanent, puisqu'on ne doit voir les rayons que par intermittence.

On rendrait plus pratique ce nouveau mode de transmission, dont le principe vient d'être vérifié et reconnu, en remplaçant la pile Bunsen par une machine de Gramme. Le régulateur Serrin peut être conservé. Quant à l'obturateur, il va sans dire que, dans l'installation définitive, il serait remplacé par un disque fixé à un montant quelconque et revenant automatiquement à sa position normale sous l'influence d'un ressort ou de son propre poids.

Ce genre de correspondance, par l'illumination des nuages, peut avoir des applications importantes, notamment dans la marine, car il donne une solution de l'important problème dont voici l'énoncé :

« Éclairer l'horizon dans toutes les directions afin de guider les navires dans leur marche et de prévenir les abordages ; de plus, assurer la correspondance télégraphique entre les bâtiments par tous les temps et malgré tous les obstacles qui pourraient se présenter. »

La marine trouverait dans l'emploi de la lumière

électrique par projection un avantage réel sur les feux dont elle se sert aujourd'hui.

Deux navires séparés par un promontoire ou placés au-dessous de la ligne d'horizon pourraient entrer en relation. Tous les bâtiments composant une escadre verraient en même temps les signaux du vaisseau amiral et en accuseraient la réception, qui serait toujours nettement perçue puisque l'image du foyer se dessine à une hauteur considérable.

Enfin la queue de comète pouvant se promener dans toutes les directions, servirait à l'occasion comme un index immense à faire connaître à un navire en détresse la route qu'il faut suivre ou les secours qu'il doit attendre.

NOTE SUR LES ISOLATEURS BROOKS,

PAR M. GAUGAIN *.

Frappé de la rapidité avec laquelle avait décru en quelques semaines la résistance des isolateurs Brooks, j'ai exprimé dans une note antérieure ** la pensée que *peut-être*, au bout d'un temps plus long, ils deviendraient inférieurs aux isolateurs en porcelaine. J'ai reconnu qu'il n'en était rien, en profitant des averses qui sont tombées à la fin de mai, pour déterminer à nouveau la résistance de ces isolateurs. Voici les valeurs des résistances que j'ai obtenues successivement:

Le 28 juin 1874, au début de mes expériences,

Isolateurs Brooks.	2.269 millions de kilomètres.	
Isolateurs en porcelaine. . . .	327	— —

Le 9 octobre 1874,

Isolateurs Brooks.	39 millions de kilomètres.	
Isolateurs en porcelaine.	83	— —

Le 28 mai 1875,

Isolateurs Brooks.	26 millions de kilomètres.	
Isolateurs en porcelaine.	22	— —

Les isolateurs Brooks ont perdu rapidement la supériorité considérable qu'ils avaient au début sur les iso-

* *Voir* numéro de janvier-février 1875, page 48.
** *Idem*, page 52.

lateurs en porcelaine; mais, après une exposition à l'air qui a déjà duré huit mois entiers, ils conservent une résistance égale et même un peu supérieure à celle des isolateurs en porcelaine.

S'ils ont présenté, à la date du 9 octobre 1874, une résistance plus petite que celle des isolateurs en porcelaine, cela tient sans doute à ce que les deux séries d'isolateurs n'avaient pas été nettoyées en même temps. La série Brooks avait été nettoyée le 18 septembre, et la série des isolateurs en porcelaine ne l'avait été que huit jours plus tard. Il en résultait que le 9 octobre l'effet du nettoyage devait être plus marqué pour les isolateurs en porcelaine que pour les Brooks.

THERMOSCOPE MÉTALLIQUE
POUR LE CONTROLE DES SIGNAUX DE NUIT,

PAR M. E. HARDY.

La livraison de mars-avril des *Annales télégraphiques* contient, dans la revue des appareils électriques pour les chemins de fer, la description du système de M. Boucher pour le contrôle des signaux de nuit *. Depuis longtemps je me suis occupé du même problème : voici deux solutions que j'en ai données, et qui toutes deux ont fourni de bons résultats dans les essais pratiques.

La principale difficulté d'un pareil contrôle vient de l'intensité très-variable de la lumière, et par suite de la chaleur du fanal à contrôler. Lors de l'allumage cette chaleur est très-grande, mais elle baisse peu à peu; et en hiver, après avoir brûlé pendant seize heures, la lampe donne encore une lumière suffisante pour les signaux, mais sa chaleur est faible. Il faut donc que l'appareil contrôleur fonctionne aussi bien à haute qu'à basse température, c'est-à dire que, dans ces deux cas, si la lampe vient à être éteinte brusquement par une cause quelconque, l'avertissement en soit donné quelques secondes après. Il faut de plus que l'appareil, lorsque la lampe baisse graduellement, n'indique extinction qu'à la limite extrême de la lumière.

Première disposition. — Le thermomètre métallique

* Même tome, page 119.

chargé du contrôle reste toujours à température à peu près constante. Pour cela il est mobile autour d'un axe placé à une certaine distance du centre du verre de la lampe du fanal. Par la chaleur de cette lampe, ce thermomètre se courbe, et un ressort fixé à son extrémité donne un premier contact sur une vis isolée indiquant au contrôleur lumière allumée. Le thermomètre continuant à se courber si la chaleur de la lampe est forte, fait ployer le ressort de contact et vient donner un second contact sur une deuxième vis isolée. Une pile spéciale ou une dérivation de la pile de contrôle vient alors activer un électro-aimant dont la fonction est d'écarter le thermomètre de la position qu'il occupait au-dessus de la lampe. Le thermomètre se refroidit alors, le deuxième contact cesse, et le thermomètre revient dans sa position première sans que le contact n° 1 de contrôle cesse un seul instant. Le thermomètre exécute ainsi une série de mouvements plus ou moins rapides suivant l'intensité de la chaleur de la lampe; mais il reste toujours à une température à peu près constante, de sorte que si la lampe s'éteint brusquement, il annonce très-rapidement cet accident.

Deuxième disposition (du 25 janvier 1859). -- Deux thermomètres métalliques fixés sur une pièce de porcelaine sont installés dans la cheminée de la lanterne au-dessus du verre de lampe; ils peuvent être garantis en dessus et en dessous par des grillages métalliques.

Le thermomètre A, placé le plus près du verre de lampe, est beaucoup plus mince et un peu plus long que le thermomètre B. Des fils conducteurs traversent la pièce de porcelaine et viennent s'attacher à ces thermomètres.

Lorsque la lampe est allumée et donne une forte

chaleur, le thermomètre A se courbe beaucoup et donne contact sur la vis platinée portée par le thermomètre B qui se courbe aussi dans le même sens. Le contact n'a donc lieu que par la différence des deux courbures.

Si à ce moment la lampe est brusquement éteinte, le thermomètre A, en vertu de sa petite masse, se refroidit et se redresse plus vite que le thermomètre B; le contact est rompu, et l'extinction est annoncée en quelques secondes. Si la lampe venait seulement à baisser graduellement, les deux thermomètres se redressent ensemble sans cesser de se toucher, parce que le thermomètre A est toujours, par sa position et sa longueur, plus courbé que B. Le contact cesse seulement pour une lumière insuffisante.

Cet appareil a fonctionné à la gare de l'Ouest en 1859 et 1860, ainsi que sur le chemin de fer de Vincennes en 1864. Son bon fonctionnement a été constaté dans une lettre du ministre des travaux publics en recommandant l'emploi; cette lettre est du 3 avril 1860.

Cet appareil vient d'être perfectionné au point de vue du service par M. Coupan, inspecteur du chemin de fer du Nord.

CHRONIQUE.

Câble direct des États-Unis. — Il est probable que le câble direct à travers l'Atlantique fonctionnera assez prochainement. Des glaces flottantes avaient dérangé l'extrémité de sa section, qui va de l'Irlande à Terre-Neuve ; *le Faraday* l'a remise en place. Du côté de Terre-Neuve, 300 milles de câble ont été immergés, et 20 milles seulement les séparent de la section attachée au rivage américain. Pour souder ces deux tronçons l'un à l'autre, il suffit désormais d'une mer libre de glaces pendant une demi-journée.

(*Journal officiel* du 20 juin 1875.)

Amérique du Sud. — On fait des préparatifs pour relier Panama au Pérou et au Chili par un câble immergé le long de la côte du Pacifique.

États-Unis. — Le câble de Punta-Rassa à Key-West (Floride) est réparé. Cette section sera doublée par un nouveau câble en cours de fabrication dans les ateliers de Silvertown.

(*Telegraphic Journal.*)

Nouvelle-Calédonie. — On procède à la construction du nouveau local télegraphique à Nouméa : il est situé entre la direction des postes et celle de l'intérieur. C'est le service de l'artillerie qui est chargé de ce travail. — On a commencé les travaux des lignes sur Bouraï et Canala.

Australie. — Le budget de l'Australie du Sud, pour l'exercice 1875, prévoit l'établissement d'une ligne de Port-Augusta à Eucla (viâ Sheaky-bay), avec un embranchement sur Port-Lincoln. De son côté, la colonie de Western-Australia étendra sa ligne jusqu'à Eucla. Cette entreprise, qui complète le réseau des colonies australiennes entre elles, a donné lieu à un

double projet de ligne sous-marine partant de Perth pour aboutir à Batavia, ou mieux à Pointe de Galles.

Angleterre. — Il résulte de l'exposé financier fait au Parlement anglais par le contrôleur et l'auditor general, que la dépense totale du service télégraphique, depuis sa réunion au Post-Office, et en y comprenant les sommes remboursées aux compagnies, jusqu'à la clôture de l'année financière 1872-73, s'élève à 9.085.458 livres.

Le sultan de Zanzibar a visité, le 18 juin, la section télégraphique du *General Post-Office.*

La télégraphie aux courses de Longchamps. — De même que l'année dernière, un bureau télégraphique a été ouvert à Longchamps le jour où a été couru le grand prix de Paris. Le nombre des dépêches a éprouvé une augmentation sensible : de 115, il s'est élevé à 192 ; la recette correspondante a donné 805f,70 au lieu de 403f,80. Comme la première fois, le plus grand nombre des transmissions était à destination de l'Angleterre, qui figure pour 102 dépêches au lieu de 68 qu'elle comptait l'an dernier.

La télégraphie aux courses anglaises. — Le résultat du Derby a fourni cette année plus de 1.400 dépêches. Durant les quatre jours du meeting, environ 13.500 dépêches ont été échangées entre le bureau d'Epson et celui du Grand Strand, dont 1.650 pour la presse. Le jour même du Derby, le nombre total des dépêches s'est élevé à près de 4.500, ce qui constitue une augmentation de 300 sur le jour correspondant de l'année précédente. Dans la journée des Oaks (chênes), le nombre des dépêches a été de 3.200, c'est-à-dire 500 de plus que l'année précédente. Dans la première année de l'acquisition des télégraphes par le Post-Office, c'est-à-dire en 1870, le jour du Derby n'avait produit que 1.600 dépêches, et le nombre total de la semaine dépassait à peine celui de la journée même du Derby dans la présente année.

(*Telegraphic Journal.*)



La télégraphie en Chine *. — La *Great Northern Company* annonce, d'après une communication reçue de Foutchéou, qu'une convention a été conclue et signée le 21 mai entre le gouvernement chinois, représenté par le commissaire impérial Shen Panchen, vice-roi et gouverneur général de la province de Fookien, et muni des pleins pouvoirs de Tsung-li-Yamen, ministre des affaires étrangères, à Pékin, d'une part, et la *Great Northern Company*, d'autre part, aux fins suivantes : Le gouvernement chinois indemnise complétement la compagnie du dommage fait en janvier dernier à la ligne de Foutchéou-Amoy. La compagnie établira une ligne entre Foutchéou et Amoy au compte et à l'usage du gouvernement chinois. Des stations télégraphiques intérieures seront établies à Amoy, Foutchéou et aux deux villes intermédiaires Hinghua et Chuenchan. La ligne sera exploitée par la compagnie pour le compte du gouvernement chinois.

(*Telegraphic Journal.*)

Pile à faible résistance

De M. Cuche, directeur du télégraphe, à Saint-Brieuc.

La réduction de la résistance des piles offre des avantages incontestables qu'il est inutile de rappeler.

Les éléments Daniell et Callaud offrent une assez grande résistance due dans les premiers au vase poreux et dans les seconds à la grande distance qui sépare le zinc de la plaque de cuivre placée au fond du vase.

M. Cuche a réduit très-notablement cette résistance en augmentant les dimensions de la plaque de cuivre; après divers essais, il a été conduit à remplacer cette plaque par un cylindre ayant la même hauteur que le vase en verre et à substituer au zinc ordinaire un petit manchon en zinc suspendu verticalement dans le liquide à l'intérieur d'un cylindre de

* Voir livraison de mai-juin, page 294.

cuivre et occupant, comme dans la pile Callaud ordinaire, un quart environ de la hauteur à partir du sommet.

Chaque élément se compose d'un vase en verre de 7 à 8 centimètres de hauteur dans lequel plonge un cylindre de cuivre percé vers le milieu de quatre ouvertures qui permettent de voir le degré de coloration du liquide. Ce cylindre, exempt de toute soudure, est terminé par une queue à laquelle se fixe, au moyen d'un ressort et d'un serre-lame, une tige qui soutient le petit manchon en zinc de l'élément suivant.

Quand la pile est montée, on remplit les éléments d'eau et l'on dépose au fond de chacun environ 30 grammes de cristaux de sulfate de cuivre.

L'entretien se borne à renouveler le sulfate de cuivre par doses de 10 à 15 grammes tous les huit à dix jours, à détacher lorsqu'il y a lieu les stalactites qui se forment autour du zinc, et à remplacer le liquide évaporé en versant de l'eau dans les vases où le niveau a baissé.

25 éléments de cette dimension ont pu desservir simultanément toutes les lignes au nombre de douze qui aboutissent au poste de Saint-Brieuc.

Vitesse d'aimantation et de désaimantation du fer, de la fonte et de l'acier,

Par M. Deprez.

En étudiant les électro-aimants et leur application à l'enregistrement de phénomènes très-rapides, M. Marcel Deprez a été amené à rechercher quelle était l'influence de la nature du fer d'un électro-aimant sur la durée des phases d'aimantation et de désaimantation. A cet effet, il a employé un enregistreur dans lequel les pièces de fer constituant l'électro-aimant sont amovibles, toutes les autres pièces, telles que bobines, armature, style, etc., restant les mêmes, de façon à mettre en évidence l'influence du métal constituant l'électro-aimant. La durée des phases d'aimantation et de désaimantation était mesurée à l'aide de son chronographe électrique.

Voici en quels termes M. Deprez communique a l'Académie le résultat de ses recnerches :

« La partie métallique des électro-aimants, que je plaçais successivement dans les hélices magnétisantes, était constituée par deux noyaux de 2 millimètres de diamètre et de 13 millimètres de longueur. Les bobines dans lesquelles passait le courant contenaient 14 mètres de fil de 1/5 de millimètre de diamètre. La pile employée consistait en un élément de Bunsen, modifié par M. Delaurier. Les variétés de fer essayées ont été le fer ordinaire du commerce, le fer doux spécial pour télégraphie, la fonte malléable, la fonte grise, enfin l'acier fondu étiré et trempé.

« Les résultats obtenus ont été tout à fait inattendus ; car le fer doux, le fer ordinaire, la fonte malléable et *même l'acier trempé* ont donné, à très-peu de chose près, les mêmes résultats pour la durée des phases d'aimantation et de désaimantation, savoir :

Durée de la désaimantation.	$0^s,00025$
Durée de l'aimantation (approximative). . . .	$0^s,00150$

« La fonte grise a donné de meilleurs résultats encore, car la durée de l'aimantation s'est réduite à 1/1000 de seconde environ. Ce serait donc ce dernier métal qui permettrait d'atteindre la plus grande rapidité possible dans la transmission des signaux.

« En résumé, avec mes enregistreurs actuels, on peut obtenir des signaux parfaitement nets, se succédant à 1/350 de seconde d'intervalle, en employant n'importe quelle nature de fer pour les électro-aimants, et à 1/500 de seconde lorsque ces derniers sont en fonte grise. Il est essentiel de remarquer que je ne parle pas ici de *signaux se succédant régulièrement* à 1/350 ou à 1/500 de seconde d'intervalle, ce qui constituerait un régime. Dans ce dernier cas, en effet, le nombre des signaux qui peuvent être transmis dépasse de beaucoup 350 ou 500 par seconde.

« Je suis porté à croire que la supériorité de la fonte tient à sa texture moléculaire et non à la quantité de carbone qu'elle contient; aussi ai-je l'intention d'essayer le *fer doux et non*

forgé, qui, je le crois, dépassera en rapidité tout ce que j'ai obtenu jusqu'ici.

« Il est essentiel d'observer que les durées indiquées plus haut ne comprennent pas le temps employé par le style à parcourir sa trajectoire; c'est en ajoutant ce temps aux durées d'aimantation et de désaimantation que l'on trouve 1/350 ou 1/500 de seconde, suivant les cas, pour la durée totale d'un signal comprenant la désaimantation, le temps de chute du style, l'aimantation et enfin le retour du style à sa position primitive. Ces nombres se rapportent d'ailleurs au cas où l'on n'emploie qu'un seul élément de pile, le nombre des signaux transmis par seconde croissant avec l'intensité du courant. »

(*Comptes rendus du* 31 *mai* 1875.)

Applications de l'électro-aimant Hughes.

Dans le *Journal de physique*, M. Lartigue, ingénieur civil, chargé du service électrique du chemin de fer du Nord, décrit un certain nombre d'applications intéressantes de l'électro-aimant Hughes.

« On sait que cet électro-aimant est composé d'un aimant fixe en fer à cheval dont les branches sont prolongées par des cylindres de fer doux entourés de bobines. Ces cylindres ou noyaux deviennent les véritables pôles de l'aimant et maintiennent une palette au contact.

« En faisant passer dans les bobines un courant de sens inverse de celui qui produirait une aimantation de même espèce que celle de l'aimant, on affaiblit celui-ci; il laisse échapper alors la palette sous l'action d'une force antagoniste (poids ou ressort) que l'on peut utiliser comme moteur.

« On comprend que cette force n'a d'autre limite que celle de la puissance attractive de l'aimant qui doit la contrebalancer pour retenir la palette. Cette puissance peut être très-grande, plusieurs centaines de kilogrammes, avec les aimants que l'on est parvenu à construire; du reste, la force antagoniste est facilement multipliée par les procédés les plus simples.



« On peut donc produire à distance et instantanément des effets mécaniques déterminés très-considérables, pourvu qu'après chaque effet produit la force antagoniste soit restituée par un moteur quelconque et la palette ramenée au contact de l'électro-aimant.

« Par conséquent, dans les appareils fondés sur l'emploi de l'électro-aimant Hughes, trois forces sont mises en jeu :

« 1° La force à utiliser, dont l'action est préparée, qui est emmagasinée par un moteur quelconque;

« 2° La puissance attractive de l'aimant qui contre-balance cette force;

« 3° L'électricité qui rompt l'équilibre de ces deux forces et, en affaiblissant la seconde, permet à la première de produire ses effets.

« Si la différence entre l'attraction de l'aimant et la force antagoniste est convenablement calculée, il suffira de développer dans les noyaux des bobines une contre-aimantation très-faible; et en effet les éléments de pile qu'on emploie sont disposés en tension, et leur nombre dépend uniquement de la distance à laquelle on peut agir, en un mot, de la longueur du circuit.

« L'électro-aimant Hughes a en outre, sur les électro-aimants ordinaires, l'avantage de fonctionner au passage de courants que l'on peut dire instantanés; il ne s'agit pas, en effet, d'attirer une palette sous l'influence d'une force qui doit persister pendant tout le temps de l'attraction; l'électricité, dans l'aimant Hughes, ne sert qu'à interrompre un instant une action permanente et agit, par conséquent, comme le ferait un coup de ciseaux qui trancherait un fil portant un poids, lequel tomberait ensuite sous l'influence et selon les lois de la pesanteur.

« Pour se rendre compte de cette instantanéité, il suffit de se rappeler le nombre prodigieux de lettres imprimées par minute avec le télégraphe Hughes, malgré la multiplicité des actions indépendantes de l'électricité qui concourent à l'impression de chacune d'elles.

« En dehors de l'emploi qui en a été fait par le savant inventeur pour son télégraphe, nous ne croyons pas que l'électro-aimant Hughes ait été pratiquement utilisé avant les applica-

tions que nous en faisons nous-même depuis quelques années. Nous allons succinctement en indiquer quelques-unes :

« 1° *Ouverture ou fermeture des robinets, soupapes, valves, clapets, etc.* — Lorsqu'il s'agit d'un gaz ou d'un liquide sous faible pression, le problème est très simple; il suffit de fixer sur la clef d'un robinet un levier à contre-poids, muni d'une palette qu'un électro-aimant Hughes maintient en équilibre instable, et qui tombe lorsque se produit la désaimantation au passage d'un courant envoyé automatiquement ou à volonté.

« Sous forte pression, pour ne pas être obligé d'employer de trop grands aimants, il est bon d'adopter la forme de clapets avec piston de contre-pression.

« 2° *Sifflet électro-automoteur des locomotives.* — Une des questions les plus importantes, relatives à la sécurité de l'exploitation des chemins de fer, est celle des signaux. Les appareils des signaux, d'après lesquels les mécaniciens règlent leur marche, sont des pièces mobiles, disques ou bras, qui, dans une position, indiquent *voie libre* et, dans l'autre, commandent l'*arrêt;* mais si, pour une raison quelconque, ils ne sont pas aperçus, toute garantie disparaît.

« On avait souvent cherché à confirmer le signal à vue par un signal acoustique, mais sans succès pratique. L'emploi de l'électricité avec l'électro-aimant Hughes nous a permis d'obtenir le résultat désiré au moyen du sifflet électro-automoteur*...

« Cet appareil est placé depuis près de deux ans sur un grand nombre de locomotives du chemin de fer du Nord.

« Il est aussi utilisé pour donner des signaux dans des ateliers, dans des mines, sur des bâtiments à vapeur, partout où l'on peut avoir à produire, même automatiquement, à distance un appel énergique et continu.

« Avec une modification de forme et en le combinant avec un mouvement d'horlogerie, on a songé à s'en servir dans quelques phares pour donner à distance, au moyen d'une trompette à vapeur, des signaux acoustiques confirmatifs et supplémentaires des signaux lumineux.

« 3° *Déclic électrique.* — Nous avons utilisé les propriétés

* Voir numéro de mars-avril, page 120.



de l'aimant Hughes pour produire, soit automatiquement, soit à volonté, des embrayages ou des désembrayages, des serrages ou des desserrages de freins, de treuils, de monte-charges, etc. On a parlé l'année dernière, quoique assez inexactement, de ce qui avait été proposé pour la manœuvre des décors de théâtres et des applications en cours d'expériences faites au nouvel Opéra *.

« 4° *Électro-sémaphores* **. — La possibilité de manœuvrer électriquement à distance des pièces très-lourdes nous a permis d'établir, dans des conditions toutes nouvelles, un système de signaux destinés à protéger les trains en marche et à les annoncer en avant, de façon à rendre toute collision impossible.

« Ce mode d'exploitation, que l'on désigne sous le nom de *block-system,* consiste à diviser la voie en sections sur lesquelles deux trains ne peuvent simultanément être engagés. A l'extrémité de chaque section est un poste muni d'appareils de signaux. Aussitôt qu'un train est expédié d'un poste, l'agent ferme la voie derrrière lui par un signal d'arrêt et l'annonce en avant au poste suivant : ce n'est que lorsque le train est arrivé à ce second poste que la voie est rendue libre au premier.

« Les effets à distance sur les ailes des sémaphores, dont la position donne les signaux aux mécaniciens, sont produits directement par des déclanchements opérés au moyen de l'électro-aimant Hughes. Les électro-sémaphores fonctionnent sur la ligne de Paris à Creil par Chantilly.

« 5° *Sonnerie d'urgence* ***. — Cet appareil tire son nom de l'usage auquel il est principalement destiné, et qui consiste à prévenir l'employé d'un poste télégraphique qu'un appel qu'il reçoit exige une réponse toute affaire cessante.

« Il se compose d'un électro-aimant Hughes dont les bobines sont dans le circuit du fil qui réunit à la terre tous les appareils de réception (récepteurs ou sonneries) d'un poste. Tous les courants reçus dans ces appareils traverseront donc

* Ces trois premières applications ont été faites par nous, en collaboration de M. H. Forest et de MM. Digney frères, constructeurs.

** En collaboration avec M. P. Tesse et M. Prud'homme, constructeur.

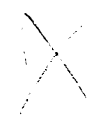
*** En collaboration avec M. P. Tesse et M. Bugnet, constructeur.

les bobines, mais sans produire d'effet, s'ils sont d'un sens déterminé.

« Mais que l'un des correspondants envoie un courant de sens contraire, l'aimant abandonnera sa palette qui établira le circuit d'une trembleuse spéciale.

« L'employé sera donc averti par cette sonnerie qu'un appel d'urgence lui est adressé, en même temps que le fonctionnement de l'appareil récepteur ordinaire lui indiquera d'où émane l'appel.

« Nous nous bornerons à ces applications de l'électro-aimant Hughes; mais, d'après ce qui vient d'être dit, il est facile de se rendre compte des services que peut rendre cet ingénieux appareil trop peu connu et trop longtemps négligé. »



L'extension des télégraphes.

La mappemonde ne doit pas être le seul guide des spéculateurs qui veulent créer de nouvelles communications et demander des concessions. Certaines lignes courtes, immergées le long des côtes, lignes qui, à première inspection, paraissent peu rationnelles sur la carte, sont en réalité très-rémunératrices : par exemple, le câble de Marseille à Barcelone. Cette ligne dans un mois passe 6.000 dépêches, ce qui, au tarif de 4 francs, rapporte 12.000 livres sterling par an, pour un capital de 60.000. Il est vrai que les lignes de terre sont coupées par les Carlistes; mais nous doutons que les lignes terrestres puissent lutter avec un câble pour la rapidité et la sûreté des transmissions. Pour les longues lignes océaniennes, il est difficile de trouver un nouveau tracé productif. La ligne du Cap de Bonne-Espérance pourra être réalisée bientôt, mais son produit est problématique, et ici revient encore la question des stations le long de la côte. La ligne de l'Amérique au Japon par le Pacifique sera construite également, sous peu d'années, car il y a incontestablement un grand trafic entre l'Amérique et le Japon; actuellement une dépêche du Japon pour la Californie coûte 13 livres sterling environ,



pour vingt mots, et doit parcourir les trois quarts du globe pour arriver à destination.

Le trafic d'une ligne telle que le Pacifique ne doit pas être évalué en ayant égard seulement au nombre de dépêches qui seront échangées entre le Japon et la Californie. Cette ligne partagerait jusqu'à un certain point, des deux côtés des stations extrêmes, le trafic des autres lignes; car les dépêches se divisent en raison inverse de la distance exactement comme le courant électrique lui-même se divise en raison inverse de la résistance des circuits qui s'offrent à lui.

Ainsi, de New-York à Singapore, la distance serait la même *via* Pacifique que par les voies actuelles, et le Pacifique serait la voie la plus courte pour toutes les stations à l'est de Singapore, comme la Chine, le Japon et l'Australie. Prenant San Francisco pour point de départ, la route du Pacifique est la plus courte pour atteindre Kurrachee et toutes les stations à l'est du Sind (Indus). La distance totale qui sépare San Francisco du Japon est d'environ 4.800 milles, et cette distance étant trop longue pour une transmission directe, il serait préférable d'atterrir aux îles Sandwich, et à un autre point entre ces îles et le Japon, pour former un trajet de 2.000 milles, et deux de 1.800, c'est-à-dire en tout 5.600. En comptant 15 pour 100 pour la dépense en plus de la distance et le *mou*, nous arrivons à un câble d'une longueur de 6.440 milles, ce qui, à raison de 300 livres sterling par mille, nous donne un capital d'environ 2 millions de livres. Cent dépêches par jour, à raison de 8 livres sterling, donnent 292.000 livres sterling. Déduisant 30.000 livres pour l'exploitation, nous avons le 13 pour 100. Cent dépêches par jour ne nous semblent pas une exagération, comme trafic de toute l'Amérique pour le Japon, la Chine et l'Australie.

(*Engineering* du 25 septembre 1874.)

Effets sur les liquides des courants à haute tension.

M. Gaston Planté transmet une intéressante note relative aux phénomènes produits dans les liquides par des courants électriques de haute tension, et notamment une explication curieuse du tonnerre en boule qu'Arago souhaitait tant de voir un jour reproduire par les physiciens.

M. Planté a imaginé, comme on sait, les premières batteries secondaires réellement pratiques, celles qui accumulent l'électricité de la pile et la rendent ensuite brusquement de façon qu'on peut avec ces appareils produire pendant quelques instants les effets que des piles d'un nombre considérable d'éléments pouvaient seules donner.

Par exemple, cet ingénieux physicien emploie en ce moment une série de dix batteries secondaires, dont le courant de décharge équivaut à celui de 300 éléments de Bunsen associés en tension. Cette batterie puissante rougit un fil de platine de 10 mètres de longueur sur 3/16 de millimètre de diamètre. Ces dix batteries se chargent cependant avec deux couples Bunsen seulement en une heure environ. On peut ainsi répéter en une journée un certain nombre d'expériences qui nécessiteraient une pile de 300 éléments.

M. Planté, en déchargeant au sein de liquides ces courants énergiques, obtient des effets remarquables. Nous ne nous arrêterons que sur l'un des plus intéressants, sur l'imitation du tonnerre en boule, dont jusqu'ici on n'avait pu fournir aucune explication plausible.

Vient-on à plonger l'électrode positif de la batterie dans un vase plein d'eau saturée de sel marin, si l'on a plongé à l'avance dans le liquide le fil négatif, si enfin on rapproche les deux fils l'un de l'autre avec précaution, on voit se former tout à coup autour du fil négatif, avec un bruissement assez fort, un petit globe lumineux d'une sphéricité parfaite.

En soulevant le fil supérieur, le globe de feu s'agrandit et atteint presque $0^m,01$ de diamètre. Si enfin on immerge le fil plus profondément, le globule prend un rapide mouvement

gyratoire, et quand il a acquis une certaine vitesse, il se détache comme attiré par l'autre électrode et disparaît en déterminant une explosion et une flamme au pôle négatif.

Le globule n'est pas gazeux; c'est un globule de liquide dans un état sphéroïdal particulier, illuminé par le flux électrique qu'il renferme, et comme il est presque isolé par cet état sphéroïdal du reste du liquide, il doit se trouver naturellement chargé, de même que le fil auquel il adhère, d'électricité positive.

Si, au lieu de plonger le fil métallique au milieu du liquide, on le rapproche des parois du vase en verre, il se produit un tourbillon lumineux, et le long du verre un sillon brillant qui prend une forme sinusoïde, serpente de part et d'autre de l'électrode jusqu'à $0^m,03$ ou $0^m,04$ de distance, et arrivé dans le voisinage de l'électrode négatif, détermine comme précédemment une explosion ou une bruyante étincelle avec flamme à l'extrémité de cet électrode.

Ces globules lumineux chargés d'électricité, animés d'un mouvement gyratoire produisant un sillon en zigzag et se résolvant par une explosion ou une bruyante étincelle, semblent offrir une image réduite des phénomènes de la foudre globulaire, dont l'origine est restée encore inconnue jusqu'ici.

Les cas de foudre globulaire ont été surtout observés, fait remarquer M. G. Planté, à la fin des orages, alors que l'électricité atmosphérique s'écoule facilement vers le sol, en traversant un air saturé d'humidité par une pluie abondante. Or, les machines électriques ne permettent pas de produire un écoulement visible d'électricité au sein d'un air humide; on conçoit donc qu'il soit difficile d'imiter, avec l'électricité statique, les apparences de la foudre globulaire, et que cela devienne possible à l'aide de l'électricité dynamique. On peut, en effet, considérer la portion d'atmosphère humide où apparaît la foudre globulaire comme un vaste voltamètre, dont un électrode serait formé par un nuage très-bon conducteur et l'autre électrode par une partie du sol, voltamètre dans lequel toutefois l'eau serait à peine décomposée et où les phénomènes calorifiques et lumineux, dont il a été question, joueraient le rôle principal.

Sans doute, les éclairs en boule ne sont point des sphères de

liquide; ils doivent être néanmoins formés d'une matière pondérable chargée d'électricité, et l'on conçoit que la grande tension de l'électricité de l'atmosphère produise avec de l'air humide ou de la vapeur d'eau ce que l'électricité dynamique produit avec un liquide salin.

Ces faits sont très-neufs et pleins d'originalité. On peut espérer, avec M. Gaston Planté, qu'ils éclairciront le problème si obscur jusqu'ici de la formation des éclairs en boule.

(De Parville, *Comptes rendus de l'Académie des sciences*.)

BIBLIOGRAPHIE.

Tables et règles pour faciliter la détermination de la tension des fils sur les lignes télégraphiques, par Robert Sabine, traduit de l'anglais par J. Aylmer.

Le travail de M. Sabine, qui a été reproduit successivement dans le *Journal de la Société des ingénieurs télegraphiques de Londres*, dans le *Telegraphic Journal*, et dans la dernière édition du *Traité* de M. Culley, vient d'être traduit en français et approprié aux mesures de notre pays par M. Aylmer. Il est destiné à faciliter aux agents chargés de la construction des lignes la détermination des tensions des fils, en réduisant le calcul aux opérations élémentaires de l'arithmétique, par l'emploi de tables ou de constructions géométriques très-simples.

Lorsqu'un fil pesant est tendu entre deux points fixes, son poids lui fait décrire une courbe que l'on appelle la *chaînette*. Si les deux points d'appui sont à la même hauteur, le point le plus bas de la courbe se trouve à égale distance des deux points de suspension, et l'on appelle *flèche* la différence de hauteur entre le point le plus bas et le niveau des points fixes. — La distance horizontale des deux points fixes constitue la *portée*. En chacun de ses points, le fil est soumis à deux forces égales et contraires qui tendent à le rompre et forment la *tension;* et si les extrémités du fil sont fixées aux deux points d'appui, ceux-ci supportent précisément un effort égal à la tension du fil en ces points.

On a, en définitive, quatre éléments à considérer : 1° la portée a; 2° la longueur réelle du fil L; 3° la flèche f; 4° la tension du fil t.

Connaissant deux de ces éléments et le poids π de l'unité de longueur du fil, il est facile d'en déduire les deux autres.

En effet, l'équation de la chaînette rapportée à deux axes, l'un horizontal situé à une distance h du point le plus bas, l'autre vertical passant par le point le plus bas, est donnée par

$$y = \frac{h}{2}\left(e^{\frac{x}{h}} + e^{-\frac{x}{h}}\right).$$

t étant la tension au point le plus bas, on a $t = \pi h$. La valeur de y pour $x = \frac{a}{2}$ donnera la hauteur des points d'appui,

$$\frac{h}{2}\left(e^{\frac{a}{2h}} + e^{-\frac{a}{2h}}\right),$$

et, retranchant h, on aura pour expression de la flèche

$$f = \frac{h}{2}\left(e^{\frac{a}{2h}} + e^{-\frac{a}{2h}}\right) - h.$$

Développant, on a *approximativement*

$$f = \frac{a^2}{8h};$$

et comme $h = \frac{t}{\pi}$,

$$f = \frac{\pi a^2}{8t} \quad \text{ou} \quad t = \frac{\pi a^2}{8f};$$

ce qui donne une relation simple entre la flèche, la portée et la tension au point le plus bas.

La valeur de π en kilogrammes est de

	$0^k,100$	pour le fil de	4 millim.,
$0,100 \times \left(\frac{3}{4}\right)^2 =$	$0,056$	idem	3 millim.,
$0,100 \times \left(\frac{5}{4}\right)^2 =$	$0,156$	idem	5 millim.

La tension à un point d'appui T se compose de la tension au point le plus bas, $\frac{\pi a^2}{8f}$, augmentée du poids πf, d'une longueur de fil égale à la flèche; elle sera donc exprimée par

$$T = \frac{\pi a^2}{8f} + \pi f = \pi a\left(\frac{1}{8}\frac{a}{f} + \frac{f}{a}\right);$$

s étant la section du fil en millimètres carrés et d la densité, on a

$$\pi = \frac{sd}{1.000};$$

d'où

$$T = \frac{asd}{1.000}\left(\frac{1}{8}\frac{a}{f} + \frac{f}{a}\right),$$

et posant

$$k = \frac{d}{1.000}\left(\frac{1}{8}\frac{a}{f} + \frac{f}{a}\right), \qquad (1)$$

$$T = a.s.k. \qquad (2)$$

k est la *tension proportionnelle*, c'est-à-dire la valeur de la tension quand $a = 1$ et $s = 1$, le rapport $\frac{f}{a}$ étant connu.

La longueur de la demi-chaînette comprise entre un point d'appui et le point le plus bas est donnée par l'expression

$$\frac{h}{2}\left(e^{\frac{a}{2h}} - e^{-\frac{a}{2h}}\right).$$

Développant, on a approximativement, pour la longueur de la chaînette entière,

$$L = a\left(1 + \frac{1}{24}\frac{a^2}{h^2}\right),$$

et comme $h = \frac{a^2}{8f}$,

$$L = a\left(1 + \frac{8}{3}\frac{a^2}{f^2}\right) = a\left(1 + 2.667\frac{a^2}{f^2}\right).$$

Posant

$$L_1 = 1 + 2,677\frac{a^2}{f^2}, \qquad (3)$$

$$L = aL_1. \ldots\ldots \qquad (4)$$

L_1 est la *longueur proportionnelle*, c'est-à-dire la valeur de la longueur quand $a = 1$, pour un rapport $\frac{f}{a}$ donné.

La table I fait connaître les diverses valeurs de k (colonne 2) et de L_1 (colonne 3), pour des valeurs du rapport $\frac{f}{a}$ (colonne 1), comprises entre 10 et 500 et croissant de 5 en 5.

Le calcul de k est fait en supposant $d = 7,8$ nombre qui diffère peu des densités du fer et de l'acier.

TABLE I. — *Tension exercée sur les fils de fer ou d'acier.*

COLONNE 1. — Relation de la flèche à la portée $\frac{f}{a}$.	COLONNE 2. — Tension proportionnelle k.	COLONNE 3. — Longueur proportionnelle (portée = 1) L_1.
1 à 10	0,011	1,02667
1 à 15	0,015	1,01185
1 à 20	0,020	1,00667
1 à 25	0,025	1,00427
1 à 30	0,030	1,00297
1 à 35	0,034	1,00218
1 à 40	0,039	1,00167
1 à 45	0,044	1,00132
1 à 50	0,049	1,00107
1 à 60	0,059	1,00074
1 à 70	0,068	1,00054
1 à 80	0,078	1,00042
1 à 90	0,088	1,00033
1 à 100	0,098	1,00027
1 à 110	0,107	1,00022
1 à 120	0,117	1,00019
1 à 130	0,127	1,00016
1 à 140	0,136	1,00014
1 à 150	0,146	1,00012
1 à 160	0,156	1,00010
1 à 170	0,166	1,00009
1 à 180	0,175	1,00008
1 à 190	0,185	1,00007
1 à 200	0,195	1,00006
1 à 225	0,219	1,00005
1 à 250	0,244	1,00004
1 à 275	0,268	1,00004
1 à 300	0,292	1,00003
1 à 350	0,341	1,00002
1 à 400	0,390	1,00002
1 à 450	0,441	1,00001
1 à 500	0,488	1,00001

RÈGLES I, II, III. *Trouver la tension et la longueur d'un fil connaissant la portée et la flèche.*

Connaissant la portée a et la flèche f d'un fil, on cherchera dans la colonne 1 le rapport qui se rapproche le plus de celui de la flèche à la portée donnée. On trouve en regard, dans la colonne 2, la valeur de k; le produit ak fait connaître la tension par millimètre carré au point d'appui (I), et le produit ask la tension supportée par le fil (II); on trouve également

en regard, dans la colonne 3, la valeur de L_1, et le produit aL_1 fait connaître la longuenr réelle du fil (III). C'est l'objet des règles I, II, III.

RÈGLE IV. *Trouver la flèche qui correspond à une portée* a, *et à une tension* T *données d'un fil connu.*

Le quotient $\frac{T}{as}$ fait connaître la tension proportionnelle k; en regard du nombre de la colonne 2, qui se rapproche le plus de ce quotient, on trouve le rapport $\frac{f}{a}$ qui correspond à cette valeur de k, et l'on en déduit f.

RÈGLE V. *Un même appui supporte deux portées inégales: on connaît la tension* T *de l'une, et l'on veut connaître la flèche qu'il convient de donner à l'autre pour équilibrer la tension* T *de la première.*

Le second fil devant avoir aussi une tension T, on rentre dans le cas précédent.

La tension T se déduit d'ailleurs par la formule $T = ask$ des valeurs a, s, f pour le premier fil.

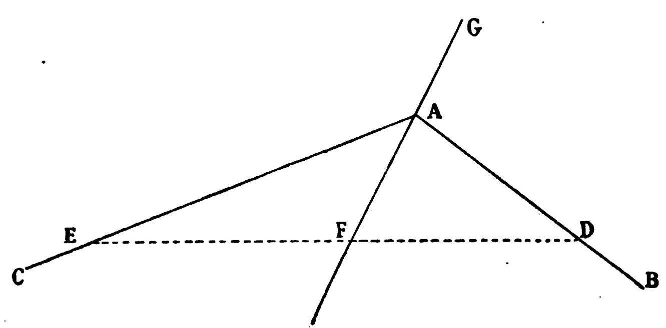
RÈGLE VI. *La longueur de deux portées voisines et qui font un angle au support étant donnée, trouver la direction à donner à un support ou hauban.*

On trouve, par les règles ci-dessus, la tension de chaque portée.

On mesure, dans la direction de chaque fil et en commençant au poteau, une longueur proportionnée à sa tension ; on joint l'extrémité de chacune de ces deux longueurs par une ligne droite; le centre de cette ligne (en regardant le poteau) indique la direction à donner au support ou au hauban.

AF donne la direction de la tension résultante : le double de la longueur de AF fournit une longueur proportionnelle à cette résultante. t étant la vraie valeur de la tension suivant AD, T la résultante cherchée, on a

$$T = t \times \frac{2\overline{AF}}{\overline{AD}}.$$



Cette règle est une conséquence de la règle du parallélogramme des forces et de la propriété qu'ont les diagonales d'un parallélogramme de se couper en parties égales.

Règle VII. *La portée, la flèche et la température (en degrés centigrades) d'un fil étant données, calculer les effets d'un changement de température.*

1° Dans la colonne 3 du tableau, on trouve la longueur proportionnelle correspondant à la portée et à la flèche.

2° Le coefficient de dilatation du fer étant de $0,000012 = \alpha$ pour une variation de température de $t°$, la longueur proportionnelle L_1 deviendra $L_1(1 \pm \alpha t)$, soit $L_1 \pm L_1 \alpha t$. Mais $L_1 = 1 + \beta$, β étant une quantité inférieure à 0,03. Alors, dans l'expression $L_1 \pm \alpha t(1 + \beta)$, on peut négliger β, et $L_1 \pm \alpha t$ sera l'expression approchée de la nouvelle longueur proportionnelle.

3° On cherchera dans la colonne 3 le nombre qui se rapproche le plus de cette nouvelle valeur; la colonne 1 fera connaître la nouvelle valeur de $\frac{f}{a}$, d'où l'on déduira celle de f; et la colonne 2 celle de la tension proportionnelle k, d'où l'on déduira $T = ask$.

La seconde table est destinée à faciliter le calcul des efforts exercés sur les supports ou haubans.

Le hauban étant situé dans le plan vertical de la résultante des tensions, neutraliserait celle-ci s'il était fixé horizontalement en supportant une tension simplement égale à cette résultante; mais s'il est incliné sur le poteau d'un angle α, ce sera la composante horizontale de la traction qu'il supporte qui sera égale à la tension de la ligne.

x étant la traction du hauban, α l'angle qu'il forme avec le poteau, et F la tension de la ligne, le poteau sera en équilibre si

$$F = x \sin\alpha \quad \text{ou} \quad x = \frac{F}{\sin\alpha}.$$

Pour $F = 1$, on a

$F_1 = \frac{1}{\sin\alpha}$, et par suite $x = FF_1$;

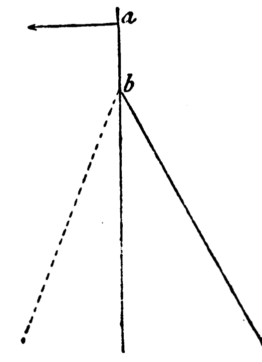
$F_1 = \frac{1}{\sin\alpha}$ sera la *force proportionnelle* exercée sur la hauteur suivant l'angle α. — Pour éviter le calcul de $\frac{1}{\sin x}$, on construit le triangle isocèle *bac* : appelons a la base bc, et c l'un des côtés égaux.

On a $$\frac{a}{2} = c \sin\frac{\alpha}{2} \quad \text{ou} \quad \sin\frac{\alpha}{2} = \frac{a}{2c};$$

d'où $$\sin\alpha = 2 \sin\frac{\alpha}{2} \cos\frac{\alpha}{2} = \frac{a}{c}\sqrt{1 - \frac{a^2}{4c^2}};$$

d'où $$\frac{1}{\sin\alpha} = \frac{c}{a\sqrt{1 - \frac{1}{4}\frac{a^2}{c^2}}}.$$

La colonne 2 de la table II fait connaître les valeurs de $\frac{1}{\sin\alpha}$, en prenant $c = 3^m$ pour les valeurs de a comprises entre 1 et 3 mètres, qui sont inscrites dans la colonne 1.



Dans le cas où le point de jonction b du hauban et du poteau diffère du point d'application a de la tension horizontale résultante, il faut tenir compte de l'inégalité des bras de levier. Soient d la distance au sol du point d'attache b, du hauban sur le poteau, h celle du point d'application a de la tension du fil,

l'équation d'équilibre sera

$$x \sin \alpha . d = F . h;$$

d'où

$$x = \frac{F}{\sin \alpha} \frac{h}{d}.$$

Les règles VIII et IX résultent de ces considérations.

TABLE II. — *Forces exercées sur les supports ou haubans.*

COLONNE 1. — Distance entre le support ou hauban et le poteau à 3 mètres au-dessous de leur jonction.	COLONNE 2. — Force proportionnelle exercée sur le support ou hauban.
Mètres.	Kilogrammes.
1,000	3,05
1,075	2,84
1,150	2,66
1,225	2,50
1,300	2,36
1,400	2,21
1,500	2,07
1,600	1,95
1,700	1,84
1,800	1,75
1,900	1,67
2,000	1,59
2,100	1,53
2,200	1,47
2,300	1,41
2,400	1,36
2,500	1,32
2,600	1,29
2,700	1,24
2,800	1,21
2,900	1,18
3,000	1,15

RÈGLE VIII. *Trouver la force exercée sur un support ou un hauban placé dans la direction voulue.*

1° On détermine par la règle VI la grandeur et la direction de la résultante des tensions des fils.

2° A partir du point de jonction du support ou du hauban et du poteau, on mesure sur le poteau et sur le hauban une longueur de 3 mètres; puis on mesure la longueur de la droite qui joint les extrémités de ces deux distances.

3° On cherche dans la colonne 1 de la table II la longueur qui se rapproche le plus de celle qui vient d'être mesurée; on prend le nombre correspondant de la colonne 2, et on le multiplie par la valeur de la résultante des tensions des fils.

Si le point d'application de la résultante ne se confond pas avec le point de jonction du hauban, on multiplie le résultat précédent par la hauteur du point d'application, et on le divise par la hauteur du point de jonction.

Règle IX. *Étant donnée la force horizontale exercée par les fils, ainsi que la force maximum que le support ou le hauban pourrait supporter, trouver l'angle que l'appui doit faire avec le poteau.*

On divise la tension maximum en kilogrammes que l'appui peut supporter, par la résultante des tensions des fils. On cherche dans la colonne 2 de la table II le nombre le plus voisin de ce quotient, et l'on trouve en regard, dans la colonne 1, la distance qui doit séparer deux points pris sur le poteau et sur le hauban, à une distance de 3 mètres au-dessous de leur point de jonction.

J. R.

BULLETIN ADMINISTRATIF.

LE SERVICE TÉLÉGRAPHIQUE PENDANT LES INONDATIONS DU MIDI.

Le service télégraphique, malgré des périls sérieux, n'a eu heureusement aucune mort à déplorer pendant la triste période des inondations du midi de la France, qui a commencé le 23 juin et durait encore à la date du 2 juillet.

L'interruption la plus grave était aux ponts d'Empalot (chemins de fer de Tarbes et de Foix), à la traversée de la Garonne, où un courant des plus violents, après avoir emporté 100 mètres de remblais de 10 mètres de hauteur, enlevé et culbuté la culée nord et deux arches du premier pont, rendait le rétablissement des lignes, sinon impossible, au moins excessivement dangereux. Les surveillants de Toulouse avec une petite fraction de l'équipe de la Haute-Garonne, l'équipe de l'Ariége dirigée par son chef surveillant, l'équipe de l'Aude et le chef surveillant du Lot aidé de deux de ses surveillants, réussissaient à rétablir les 7 fils de ces lignes dès le dimanche 27 dans l'après-midi. Ils ont travaillé avec d'autant plus d'ardeur que le voyage du Président de la République dans le sud de la région rendait plus urgent le besoin des communications télégraphiques. Le chef-surveillant Cabanes s'est multiplié et a fait face à tout avec un zèle et une intelligence remarquables. Le chef-surveillant Jaffner, du Lot-et-Garonne, et le surveillant Saint-Martin, chef d'équipe, se sont aussi particulièrement distingués. Le gros de l'équipe de la Haute-Garonne, bloqué par l'inondation aux environs de Luchon où elle construisait la ligne de Saint-Béat, s'est mis en route aussitôt que possible, réparant toute la ligne principale jusqu'aux abords de Toulouse où elle arrivait en deux détachements les 28 et 29 juin. Le lundi 28, au moyen d'un câble envoyé d'urgence par l'Administration, on établissait au moyen d'une ligne nouvelle de 9 kilomètres, soit en fil

de fer, soit en câble, les communications d'Auch et d'Agen dont le fil était enseveli sous les ruines du faubourg Saint-Cyprien. Le 2 juillet, les communications du réseau municipal dans la Haute-Garonne étaient complétement rétablies : Grenade et ses trois correspondants, Rieux et Montesquieu-Volvestre, Encausse et Aspet, interrompus depuis dix jours, fonctionnaient parfaitement.

Au bureau de Toulouse, des dispositions spéciales ont dû être prises pour assurer le service. Pendant huit jours le nombre des dépêches privées de départ a varié entre 600 et 1.200. Un bureau de réclamations a été créé pour les dépêches en dépôt, les destinataires étant inconnus ou introuvables, parce que leurs habitations avaient disparu. Il y a eu un moment où 500 dépêches se trouvaient dans ce cas. Des avis insérés dans les journaux en ont facilité la distribution. Des factionnaires maintenaient l'ordre et faisaient former les queues qui s'étendaient sur les trottoirs extérieurs. Dès le 24, le nombre des dépêches privées d'arrivée s'est accru dans des proportions plus grandes encore et a même atteint le chiffre de 1.403 dans une journée.

L'autorité militaire a bien voulu mettre à la disposition du service vingt soldats, choisis pour la plupart parmi les volontaires d'un an, qui, par leur intelligence et leur connaissance de la ville, ont rendu les plus grands services. Des voitures ont été également requises. — Grâce à l'ensemble de ces mesures, la distribution s'est effectuée aussi régulièrement que possible. Le service officiel, et spécialement celui du Président de la République et des ministres, a été assuré par des artilleurs à cheval. — Au poste central, les brigades complètes ont dû continuer le service pendant presque toute la durée des nuits. A mesure que les fils principaux étaient rétablis, ils étaient reliés à des appareils imprimeurs desservis chacun par deux employés. Du 24 juin au 2 juillet, le nombre des transmissions s'est maintenu de 5 à 6.000 par jour, et les appareils Hughes marchaient sans une minute d'interruption. Les commis principaux étaient présents jour et nuit. Tous les employés, sans exception, ont rivalisé de zèle. On doit une mention particulière à M. Vidaillet, volontaire d'un an au 29e bataillon de chasseurs, employé à Montpellier avant son engagement, qui, dès le premier jour, s'est mis à la disposition

du bureau de Toulouse et n'a pas quitté la manipulation. Un autre volontaire, M. Sombrun, a fait de même à Agen.

Dans ces circonstances difficiles, le chef du service de la région, M. Loir, a montré de nouveau ce qu'on pouvait attendre de son expérience et de son énergie.

La télégraphie au Cambodge.

(Extrait d'un rapport de M. Demars, chef du service télégraphique de la Cochinchine et du Cambodge.)

Saïgon, le 28 mai 1875.

Chargé par M. l'amiral gouverneur de la Cochinchine d'étudier le tracé d'une nouvelle ligne télégraphique devant relier Pnumpenh (Cambodge) à Tayninh (Cochinchine), je me suis embarqué à Saïgon à bord du vapeur *Saltee* le 29 mars et suis arrivé à Pnumpenh le 30.

Après avoir pris les ordres du roi Norodon, qui, pour se conformer au désir de l'amiral gouverneur, me promit son aide efficace et mit à ma disposition, pour m'accompagner, le mandarin chef de la province de Rum-Dull; je m'occupai d'abord du câble à placer dans le bras du lac. Après avoir constaté l'impossibilité d'en immerger un seul aux quatre bras, tant à cause des difficultés de la pose sur les bancs de sàble qui s'étendent devant la pointe de Chang-Va et découvrent pendant les basses eaux qu'à cause du nombre considérable d'embarcations qui mouillent en cet endroit et des pêcheries qui s'y établissent de décembre en mars, je partis de Pnumpenh le 2 avril pour examiner la rive droite du Tonlé-Sap.

J'ai trouvé, après plusieurs sondages et essais, un point situé à 450 mètres de la station télégraphique, vis-à-vis le palais du second roi, où les berges du fleuve solides et à l'abri de la crue ordinaire des eaux me paraissent réunir les conditions voulues pour un bon atterrissement. Le câble devant se présenter obliquement au courant qui, pendant sept à huit mois, descend avec violence du lac, ira aboutir sur la rive gauche à 250 mètres de l'ancien parc au charbon en faisant un angle de 40 à 45°.

De là, la ligne suivra pendant 1.350 mètres jusqu'à la douane cambodgienne un sentier très-fréquenté. Pour ne pas passer au milieu des nombreuses habitations bâties très-irrégulièrement dans le voisinage de la douane, on prendra à travers une bande de terrains incultes passant à une centaine de mètres derrière les maisons et rejoignant le Mékong.

Le premier village après la douane, nommé Chang-Va, suit la rive droite du grand fleuve pendant 3.800 mètres. La majorité de la population, qui est Malaise, se livre à la culture du mûrier, à la fabrication des étoffes de soie et des grands filets servant à la pêche des lacs.

Après Chang-Va vient Kien-Klang, limité à 4 kilomètres par le Prech-Lip, d'une largeur insignifiante et complétement à sec dans cette saison, mais qui pendant les pluies a une profondeur de 10 à 11 mètres.

Le Prech-Lip se jette dans le Tonlé-Sap en se dirigeant de l'est à l'ouest.

Les villages de Chang-Va et Kien-Klang dépendent de la province de Krom-Muong qui finit au Prech-Lip. Les habitants de cette province, profitant du limon déposé sur les berges dont la pente n'est pas trop accusée, y sèment du tabac, de l'indigo, des patates, du mûrier, ce qui donne un aspect charmant aux bords du fleuve.

Parti de Kien-Klang le 3 avril, j'ai trouvé successivement les villages de Prech-Lip, Ktan, Bot-Keian et Bot-Mé qui composent la province de Muc-Kompul.

A partir de Bot-Mé on rencontre de vastes plantations de cotonniers qui, pendant 7 kilomètres, bordent la route de Bot-Mé à Phum-Prech-Antchong, village situé en face de Trémac où je suis arrivé le 4 au matin. Les indigènes, au moment de notre passage, commençaient la récolte des cotons.

Une route très-praticable commençant à Phum-Prech-Antchong conduit au Laos; c'est du moins ce que les guides nous ont assuré en nous disant qu'il fallait quinze jours pour atteindre les frontières de ce pays inexploré encore et cinq jours pour arriver aux rapides de Kzé-Krech.

Le second câble traversera le grand fleuve à la hauteur de Trémac, quelques mètres en aval du banc qui s'étend sur la rive droite.

La longueur de la ligne aérienne de Pnumpenh à Trémac sera de 25 kilomètres et celle des deux câbles de 2.000 mètres. La pose de ces câbles ne pourra s'effectuer que pendant les basses eaux (pendant les hautes eaux, la profondeur du fleuve varie de 6 à 18 mètres par suite de la saison des pluies).

De Pnumpenh à Trémac la ligne passera à une centaine de mètres en arrière des maisons qui bordent le chemin parallèle au fleuve, excepté dans les champs de coton où elle pourra suivre ce chemin. On évitera ainsi la destruction de magnifiques manguiers et autres arbres qui ombragent les cases des indigènes.

Trémac, point où commence la route de Tayninh, est un grand village admirablement situé sur la rive gauche du Mékong; on y trouve une *sala* (abri fait pour les voyageurs) convenable faisant face à la bonzerie et environnée de manguiers, de cocotiers et de palmiers à sucre.

On achevait une belle pagode au moment de notre passage à Trémac.

Les Chinois forment la majorité de la population de ce village.

Je me suis particulièrement attaché à l'examen de la rive droite, la seule qui puisse convenir à l'établissement d'une ligne; néanmoins j'ai pu constater que la rive gauche ainsi que les deux îles de Ksach Kandal et Ochia-Teï étaient également peuplées et fertiles. Ce pays est certainement le plus riche du Cambodge.

Parti le 10 avril de Trémac, j'ai suivi pendant 6 kilomètres un chemin presque perpendiculaire au fleuve allant de l'ouest a l'est à travers des terrains incultes où l'on voit quelques arbres fruitiers qui deviennent plus rares à mesure que l'on s'éloigne de Trémac.

A 6 kilomètres de ce village se trouvent à droite de la route un étang et à gauche un lac d'une étendue assez considérable soumis aux crues du fleuve et alimenté par le Prech-Tacoun descendant du grand fleuve un peu au nord de Trémac. Ce lac sert de limite entre la province de Ksach-Kandal et celle de Szey-Santho-Shveng.

Nous avons campé dans un abri en paille à Phum-Rauka (Rauka, nom d'un cotonnier à fleurs rouges) distant de 9 kilo-

mètres de Trémac. Phum-Rauka est situé au milieu d'une plaine dont une partie est cultivée en rizières.

On ne trouve pas d'eau potable dans la saison sèche.

On rencontre près du lac dont je viens de parler des rizières qui, au moment de notre passage (10 avril), n'étaient encore qu'en herbe.

Nous avons quitté Phum-Rauka le même jour à deux heures, nous dirigeant sur Phum-Kchei, distant de Phum-Rauka de 6 kilomètres. Ce village, qui a une vingtaine de maisons bâties de chaque côté de la route, est entouré d'un rideau de bambous; on y trouve de l'eau douce et des cocos. Comme à Phum-Rauka, nous avons campé et passé la nuit dans une cabane construite par les Cambodgiens au milieu des rizières avoisinant les habitations.

Le 11 nous avons franchi les 6 kilomètres qui séparent Phum-Kchei de Méso-Préachan, situé sur les bords de l'Arroyo, indiqué dans les cartes sous le nom de Préachan, coulant du nord-ouest au sud-ouest. Le Préachan a à cet endroit 35 mètres de large et les berges de 8^{m},50 à 9 mètres de haut. Les Cambodgiens nomment également le Préachan, Tonlé-Tauch (petit fleuve).

Le Tonlé-Tauch sépare la province de Santho-Chhveng de celle de Santho-Sédam, ou Khet-Bareang.

Forcés d'employer un temps considérable pour faire passer la rivière à notre convoi, nous avons déjeuné au village de Préachan, ombragé par des massifs épais de manguiers.

La population est un mélange de Chinois et de Cambodgiens. Ils cultivent des rizières s'étendant à l'est du village dans des plaines inondées pendant les pluies; aussi ne sèment-ils qu'en janvier pour récolter en avril. On y trouve de l'eau potable.

Là nos petites voitures à bœufs ont été remplacées par de lourds chariots à buffles protégés par un roof en bambou tressé s'avançant en pointe sur le devant et abritant parfaitement de la pluie.

Ces véhicules sont un peu massifs, mais extrêmement commodes pour ceux qui ont un long voyage à faire; très-élevés sur leurs roues, ils permettent de traverser sans accidents ces pays noyés pendant une partie de l'année.

Avant d'arriver à Méso-Préachan, on est obligé de s'écarter

de la route qui, en plusieurs endroits, est coupée et creusée par les eaux de pluies.

Nous avons laissé Phum-Méso-Préachan à deux heures le même jour, gagnant Phum-Someleenh à 11 kilomètres de Préachan. A 200 mètres de Someleenh, on trouve une *sala* et une pagode bien situées au milieu de palmiers et arbres fruitiers.

Un puits fournit de bonne eau. Les habitants ont quelques hectares de rizières aux environs de leur village. La route de Préachan à Someleenh traverse pendant 4 kilomètres des plaines incultes; puis ensuite viennent quelques rizières qui alternent avec des terrains inondés.

Parti le 12 avril, nous suivions un chemin qui conduit à Pripnau, lorsqu'à 11 kilomètres de Someleenh nous sommes tombés dans des marais et des fondrières difficiles à tourner. Notre guide allait, en suivant cette direction, nous jeter dans le pays inondé de Prévenq. Nous avons pris une autre direction et remontant au nord, nous nous sommes arrêtés à Phum-Tréa, hameau de dix à douze maisons. Il n'y a pas de maison commune, et l'eau qu'on nous a présentée était détestable.

A deux heures, le même jour, nous avons pris la route de Phum-Kochan, éloigné de Phum-Tréa de 3 kilomètres et où finit la province de Santho-Sedam après laquelle vient celle de Santho-Kandal.

A 7k,500 de Phum-Kochan s'élève au milieu de rizières le village de Tabeng, où nous avons couché. A l'extrémité du village on voit une petite pagode.

Entre Kochan et Tabeng s'étend une vaste plaine couverte d'herbes bornée au nord-est par des palmiers et au sud-ouest par une forêt de yao (arbre à huile).

Nous avons passé la nuit à Tabeng dans un abri fait à la hâte par les Cambodgiens et très-insuffisant contre une pluie torrentielle qui a duré toute la nuit.

Le lendemain 13, nous avons gagné Phum-Prey-Sieng à 8 kilomètres de Tabeng. Cette région, beaucoup plus fertile que celles que nous avions parcourues précédemment, est cultivée en rizières et en palmiers à sucre.

A Prey-Sieng on peut se reposer dans une maison com-



mune contiguë à une bonzerie ombragée par de grands arbres.

A midi le même jour, nous avons fait 12 kilomètres pour atteindre Phum-Kirey, où nous avons couché, mal abrités par un toit de paille improvisé au milieu de rizières inondées.

A 7 kilomètres de Prey-Sieng, étant sur un plateau un peu élevé, nous avons distingué au nord-est les montagnes de Tayninh. Entre Prey-Sieng et Phum-Kirey s'étendent de vastes plaines incultes; on trouve cependant çà et là quelques rizières. A Phum-Kirey commence la province de Tatung-Ngay.

La pluie qui n'a cessé de tomber pendant la journée du 14 nous a empêchés de continuer notre route en nous tenant littéralement bloqués sous notre paillotte.

Le 15 nous avons fait 12 kilomètres à travers une immense plaine de hautes herbes qui conduit jusqu'à Phum-Andoc où commence la forêt. De nombreux troupeaux de cerfs fuyaient à notre approche.

A 6 kilomètres de Phum-Andoc, nous avons laissé sur notre droite le hameau de Kabal-Dourei (tête d'éléphant) qui compte de huit à dix feux.

A partir de Phum-Andoc, au lieu d'aller de l'ouest à l'est, nous avons pris un peu au sud-est.

Le 16 au matin, nous sommes allés à Phum-Krébau, à 13 kilomètres de Phum-Andoc, en traversant une forêt de yao entrecoupée de clairières inondées pendant les pluies. A moitié chemin et à droite, se trouve le hameau de Angkrong.

Le 17 nous avons campé à Ki-Prac, distant de Krébau de 6 kilomètres. Ki-Prac est au nord de la province de Prévenq. La route qui mène à Ki-Prac traverse des bois touffus.

Le même jour nous avons pris à travers la forêt une route peu fréquentée conduisant à Sorda-Co, à 14 kilomètres de Ki-Prac, où nous avons campé dans une belle clairière à côté d'une mare.

Sorda-Co est dans la province du Roméas-Hek (Rhinocéros déchiré).

Partis le 18 à deux heures et demie de Sorda-Co, après une pluie très-forte qui a duré toute la matinée, nous sommes arrivés à cinq heures du soir en face du village de Hoâ-Hièp

dans l'arrondissement de ce nom. Les Cambodgiens appellent ce pays Compong-Kédey. La distance de Sorda-Co à Hoâ-Hiêp est de 12 kilomètres. Le territoire cambodgien est limité à Hoâ-Hiêp par le Caï-Bach, affluent du Vaïco qui, à cet endroit, a 40 mètres de largeur et 5 à 6 mètres de profondeur.

A 7 kilomètres de Sorda-Co nous avons trouvé les ruines d'un village paraissant avoir été considérable et du nom de Roméas-Hek. Quelques poteaux à moitié calcinés, des arbres fruitiers et des ananas devenus sauvages subsistent encore.

Sur la route de Sorda-Co à Hoâ-Hiêp, il y a de belles forêts qui pourront fournir pour la construction de la ligne de très-bons poteaux.

Le 19 nous avons quitté Hoâ-Hiêp et campé à Phum-Noréa, hameaux de cinq à six maisons entourées de bois. Phum-Noréa est à 8 kilomètres de Hoâ-Hiêp. La route passe au milieu de la forêt. Les indigènes font des riz de forêts et vendent de l'huile de bois et des torches.

Le 20 nous avons suivi pendant 15 kilomètres et à travers la forêt une route peu fréquentée qui nous a conduits à Hao-Doc, hameau habité par des Annamites et situé sur l'arroyo Vinh, prenant sa source dans les marais au nord d'Ancu, courant du nord au sud et se jetant dans le Vaïco. Cet arroyo a 40 mètres de largeur.

A 1.500 mètres au sud-ouest de Hao-Doc nous avons remarqué au milieu de rizières une croix en bois de 2^{m},50 de haut entourée d'une barrière vermoulue, en partie brûlée par l'imprudence des Cambodgiens qui, pendant la saison sèche, mettent le feu aux herbes. Ce n'est pas sans éprouver un véritable sentiment de tristesse que j'ai pu déchiffrer ce qui suit :

« A la mémoire de nos frères d'armes. . . . .
« . . . . (illisible) . . . .
« Gaudrier, Baudry, Simon, Vidal, tous soldats d'infanterie de
« marine, morts aux champs d'honneur dans l'attaque du
« 14 juin 1866. » La pluie et le temps ont effacé le reste.

Ces malheureux faisaient partie de l'expédition du colonel Marchaise, tué avec soixante soldats dans un endroit qui nous a été désigné à quelques mètres de l'Arroyo Vinh, dans un terrain marécageux où poussent des herbes qui atteignent plus de 1^{m},50 de hauteur.

On comprend ce désastre en jetant un coup d'œil sur la plaine noyée et presque infranchissable où l'action s'était engagée.

Le 21 au matin nous avons laissé Hao-Doc pour camper à Beung-Ha, distant de 8 kilomètres. La route que nous avons suivie paraissait peu fréquentée, car nos guides étaient souvent obligés de couper les arbres et les branches qui barraient le chemin.

A deux heures, le même jour, nous nous sommes dirigés sur Tayninh, qui est à 8 kilomètres de Beung-Ha.

Ne voulant pas revenir à Saïgon sans avoir visité minutieusement la ligne de Tayninh (161 kilomètres), j'ai pris la route de terre, et partis de Tayninh le 22 à trois heure l'après-midi, nous avons couché à Trum-Mit et le 23 à Trang-Bang.

Le 25, à neuf heures du soir, nous sommes arrivés à Saïgon après un voyage de plus de 300 kilomètres presque complétement fait à pied.

De Pnumpenh à Tayninh, la ligne aura $194^k,500$.

Les mois les plus favorables pour voyager au Cambodge sont ceux de décembre, janvier et février. Pendant les autres mois le pays est inondé ou les chaleurs sont insupportables, et il y a même imprudence à faire de longues étapes. J'ai cru à diverses reprises que mes compagnons ou moi étions sous le coup d'insolations ou d'accès de fièvre pernicieuse. Quatre bœufs de nos attelages sont même morts de chaleur pendant la route. Nous avons souffert considérablement pour notre part de l'élévation de la température au mois d'avril.

Avant de s'engager dans une reconnaissance, il faut avoir soin de s'assurer que les guides qui doivent vous accompagner connaissent la route. Nous avons appris à nos dépens à nous méfier de leurs assertions à ce sujet.

Le gouverneur de la province de Rum-Dull, donné par le roi pour nous conduire de Pnumpenh à Tayning, ignorait absolument son chemin, et c'est souvent la boussole à la main qu'il a fallu nous diriger. De là des retards interminables et des fatigues inutiles.

Les maisons communes pour les voyageurs ou salas sont très-rares dans cette partie du Cambodge, qui pourrait être riche et fertile, mais qui, soit à la suite d'anarchie ou de

guerres incessantes, a été dépeuplée et ruinée. Aussi étions-nous forcés chaque jour de camper dans des cabanes en feuilles, tout à fait insuffisantes pour nous abriter. Le moyen le plus pratique pour obvier à cet inconvénient serait de louer ces énormes chars à buffles dont j'ai parlé plus haut, dans lesquels on peut dormir sans craindre la pluie ou le soleil.

Les Cambodgiens que nous avons rencontrés ont toujours été prévenants, dociles et hospitaliers, mais à leur manière. Beaucoup plus réservés, plus timides que les Annamites, ils n'admettent pas le voisinage des étrangers; aussi ne faut-il pas s'étonner du soin qu'ils prennent de vous faire camper loin des villages. Ils n'agissent pas autrement avec leurs mandarins; mais à peine étions-nous arrivés, qu'ils s'empressaient de nous fournir de l'eau, des fruits, et nous donnaient même, la nuit, des hommes chargés de la garde du campement.

On est en sûreté, dans ce pays, à la condition expresse de respecter scrupuleusement les usages des indigènes et de ne pas tenter de pénétrer dans leurs cases.

Malgré les troubles qui existent en ce moment dans une partie de la Cochinchine et à la frontière, nous avons trouvé la population tranquille partout sur notre passage.

J'ai fait jalonner tous les kilomètres pour le tracé de la ligne projetée.

M. Blanchard de la Brosse, commis principal, m'accompagnait dans cette expédition, et a exécuté, sous ma direction, la carte de notre reconnaissance.

Le surveillant Goémaëre, qui m'accompagnait également, va commencer immédiatement les travaux de construction de la ligne.

Je récapitule ci-après l'itinéraire que j'ai suivi :

Itinéraire de Pnumpenh à Tayninh.

De Pnumpenh	à Trémac.	25.000 mètres
id.	à Phum-Reuka.	34.000
id.	à Phum-Tchey.	40.000
id.	à Méso-Préachang.	45.000
id.	à Phum-Prey-Someleenh.	56.000
id.	à Phum-Tréa.	67.000

De Pnumpenh	à Tobong	78.500
id.	à Prey-Tsian	86.500
id.	à Phum-Kirey	98.500
id.	à Phum-Andoc	110.500
id.	à Phum-Krébau	123.500
id.	à Phum-Ki-Prac	129.500
id.	à Sorba-Co	143.500
id.	à Hoâ-Hiêp	155.500
id.	à Phum-Noréa	163.500
id.	à Hao-Doï	178.500
id.	à Beung-Ha	186.500
id.	à Tayninh	194.500

Le pays que j'avais à reconnaître étant peu connu, au moins en partie, j'ai cru utile, pour donner des facilités aux Européens qui voudraient l'explorer, de me faire inscrire en caractères indo-cambodgiens par le mandarin de Rum-Dull, les noms des diverses localités traversées, et j'ai, à mon arrivée à Saïgon, prié M. Aymonier, professeur de cambodgien, de les orthographier en caractères latins. Cet officier m'a gracieusement rendu ce service. Les noms des localités citées dans le rapport sont donc exactement transcrits.

Les grands mandarins sur les territoires desquels passera la ligne, le Luc-Veang, Kralahom, Youn-Mrei, Luc-Pran, etc. (dignités correspondant à ministre de la marine, de la guerre, de la justice, etc.), ont ordonné la coupe immédiate des poteaux.

Le Gérant : Dunod. — Imprimerie Arnous de Rivière et Ce, 26, rue Racine.

ANNALES
TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1875 Septembre-Octobre

MODIFICATION AUX ÉLECTRO-AIMANTS

PAR M. HÉQUET,

Sous-Inspecteur des lignes télégraphiques.

Les électro-aimants sont destinés, dans leurs diverses applications à la télégraphie et à l'industrie, à imprimer à un barreau de fer doux (ou armature), qui se trouve placé et maintenu à une petite distance des pôles par un mécanisme convenable, un mouvement plus ou moins rapide de va-et-vient. Ce mouvement, pour produire dans de bonnes conditions l'effet qu'il a pour objet d'accomplir, doit toujours s'effectuer avec netteté et précision. Une force antagoniste ou de rappel, qu'on peut faire varier à volonté, est adaptée dans ce but au levier qui supporte l'armature.

Mais un phénomène connu sous le nom de magnétisme de polarisation ou magnétisme rémanent vient entraver les vibrations de l'armature : celle-ci, transformée par l'attraction en un véritable aimant, agit à son



tour sur les pôles de l'organe magnétique qu'elle tend à maintenir excités, et cette action réciproque, qui persiste après le passage du courant, retarde d'une manière très-appréciable la désaimantation. Par suite, l'armature ne se détache avec la rapidité voulue que si la force de rappel est relativement puissante, et la puissance de celle-ci nuit à l'effort de l'attraction qui suit. Il est indispensable que le rapport entre ces deux forces opposées soit déterminé avec une certaine précision que l'on obtient par tâtonnement, mais que la moindre variation dans l'intensité du courant vient déranger.

Les effets du magnétisme rémanent sont d'autant plus préjudiciables au fonctionnement régulier des appareils que l'armature est destinée à accomplir des vibrations plus rapides.

Un certain intérêt s'attache donc à ce que cette condensation magnétique, qui reste développée après le passage du courant, soit annulée ou tellement affaiblie qu'elle ne retarde plus, même avec une force antagoniste relativement faible, le jeu de l'armature.

Ce problème a, depuis longtemps déjà, été résolu de diverses manières, souvent fort ingénieuses, qui rentrent presque toutes dans l'emploi de piles locales ou de courants induits. Mais ces solutions ont en général l'inconvénient de compliquer l'ensemble du système électromagnétique dont on se sert. Après avoir fait quelques nouvelles tentatives dans cette voie, nous avons recherché si une modification apportée dans les relations de la culasse avec les noyaux de l'électro-aimant ne produirait pas l'effet voulu. Dès les premières expériences, nous fûmes amené à constater *qu'il suffit, pour annuler ou affaiblir presque totalement le magnétisme de polarisation, que les noyaux soient isolés l'un de l'autre au*

moyen d'interruptions pratiquées soit dans le corps de la culasse, soit aux points d'intersection de celle-ci avec les noyaux.

La disposition la plus simple réalisant cette idée consiste à remplacer les attaches en fer, qui fixent habituellement la culasse aux noyaux et ne font de ces trois pièces qu'un seul tout homogène, par des attaches en métal non magnétique. On supprime ensuite le contact qui existe par juxtaposition entre la culasse et les noyaux, en intercalant entre elle et ces noyaux une ou plusieurs feuilles de papier, de clinquant, etc., dont l'épaisseur doit varier suivant le pouvoir magnétisant des bobines et le degré d'annulation que l'on veut obtenir. Dans la pratique, une feuille de papier ordinaire suffit pour les bobines dont la résistance est inférieure à 250 ohms. Deux feuilles et quelquefois trois sont nécessaires pour celles dont la résistance varie entre 250 et 1.000 ohms.

Une section pratiquée dans la culasse, perpendiculairement à son axe, constitue une autre disposition produisant à peu près les mêmes effets que celle décrite plus haut. Dans ce cas, il est utile que les deux parties de la culasse restent fixées aux noyaux par des attaches en fer.

Mais la première disposition, qui donne de bons résultats, et peut-être les meilleurs, offre sur celle-ci l'avantage de pouvoir être appliquée d'une manière très-facile aux électro-aimants déjà construits et n'entraîne qu'une main-d'œuvre tout à fait insignifiante.

Nous avons dit que le degré d'annulation du magnétisme rémanent est, dans une certaine mesure, proportionnel à la grandeur des interruptions pratiquées soit dans le corps de la culasse, soit à ses points d'intersection avec les noyaux. Il découle directement de ce principe un nouveau mode de réglage des appareils dont

l'organe magnétique est l'électro-aimant ordinaire : au lieu de déterminer d'une manière fixe, par les moyens déjà indiqués, le degré d'annulation du magnétisme rémanent, on peut, pour les électro-aimants à construire, rendre la culasse ou les parties de la culasse mobiles et, à l'aide d'une vis de rappel, l'éloigner plus ou moins des noyaux, si elle est entière, ou bien en séparer plus ou moins les parties, si elle est divisée. On peut même combiner ensemble ces divers moyens. Dans ce système, la force antagoniste reste à peu près invariable et la mobilité de la culasse ou des parties qui la constituent permet de passer d'un électro-aimant ordinaire à un électro-aimant sans rémanence, qui va s'affaiblissant graduellement et au fur et à mesure que, selon les besoins, les interruptions s'agrandissent.

Les diagrammes ci-joints feront comprendre cet exposé sommaire.

La *fig.* 1 représente en plan et en coupe verticale un électro-aimant dont la culasse *cc'* est coupée. Le noyau *n'* et la partie *c'* de la culasse sont fixés à la platine *p* au moyen d'une vis. Le noyau *n* est fixé à cette même platine par un prolongement *g* et un écrou. La partie *c* de la culasse est encastrée dans la platine *p* de façon à pouvoir glisser, à frottement doux, dans le sens de sa longueur. Un trou allongé *h*, dans lequel passe le prolongement *g*, donne la mesure du déplacement que peut lui imprimer la vis *v* qui la commande.

Si l'on suppose au contact les deux parties de la culasse, ce qui est l'état de l'électro-aimant ordinaire, on voit qu'il est facile, en faisant mouvoir la vis *v*, d'établir une solution de continuité et d'en faire varier la grandeur dans les limites déterminées par l'œil *h*.

La *fig.* 2 indique une disposition en coupe verti-

Fig. 1.

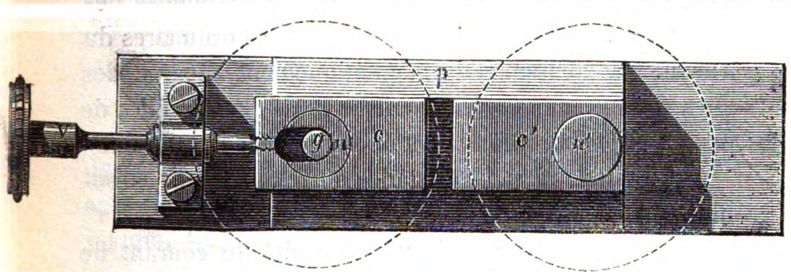
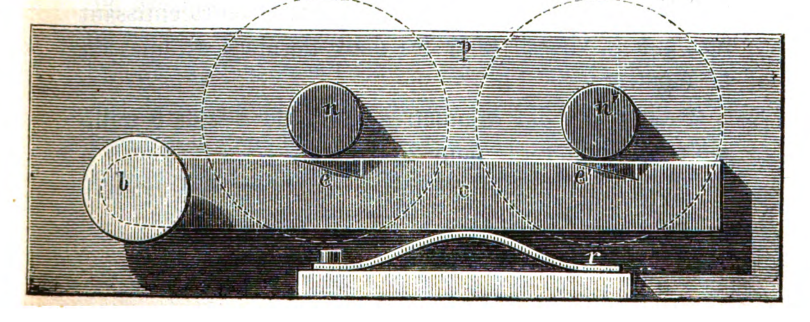


Fig. 2.



cale, dans laquelle la culasse *c*, restant entière, est munie de deux échancrures *ee'* remplies de cuivre et peut se mouvoir tangentiellement aux noyaux. On voit de suite comment il est possible, en la déplaçant plus ou moins dans le sens de sa longueur, d'établir une communication entre les bords des noyaux et le fer de la culasse ou d'amener à volonté sous les noyaux les parties remplies de cuivre, ce qui rentre dans le cas que nous avons indiqué en premier lieu.

Il est important de remarquer que le maintien de la culasse ou des parties qui la constituent est indispensable pour conserver à l'électro-aimant la force attractive dont on a besoin.

Nous avons pensé qu'il pouvait être utile de mentionner ici les résultats de quelques expériences faites en communication locale et sur des lignes de longueurs différentes en vue de déterminer la latitude de réglage que peut comporter le nouvel électro-aimant. Les appareils employés ont été le Morse et le Cadran dont le jeu des armatures et la distance de celles-ci aux extrémités des noyaux étaient établis dans les conditions ordinaires du travail. La culasse était magnétiquement séparée des noyaux au moyen de vis en cuivre et de deux feuilles de papier, et les bobines avaient une résistance de 300 ohms.

1° Circuit local sans résistance autre que celle des bobines de l'électro-aimant (Morse et cadran).

Si l'on règle l'appareil sur l'intensité du courant de 20 Callaud, on peut facilement passer à 60, 80 et même 100 éléments sans changer le réglage et en ralentissant fort peu la vitesse pour les deux derniers groupes de 20 éléments.

2° Circuit de 550 kilomètres en fils de 4 et de 5 millimètres; Morse réglé pour 25 Callaud.

Avec 25 Callaud,	on obtient en une seconde. . . .		24	signaux
Avec 50	*id.*	*id.*	19	—
Avec 75	*id.*	*id.*	16	—
Avec 100	*id.*	*id.*	14	—

Même circuit par un temps très-humide. Pertes sur la ligne.

(*a*)	Avec 25 Callaud, on obtient en une seconde. . .		11	signaux
(*b*)	Avec 50 C. (nouv. réglage)	*id.*	24	—
	Avec 100 C.	*id.*	19	—
	Avec 150 C.	*id.*	16	—

Le ralentissement que l'on remarque dans la réception des signaux à mesure que la pile augmente est dû à la décharge du fil qui continue de s'effectuer lorsque l'émission a déjà cessé au point de départ, et qui prolonge sensiblement l'aimantation. Sur une ligne plus longue, le phénomène s'accentuera davantage, ainsi qu'on va le voir ci-après.

3° Circuit de 1.100 kilomètres en fils de 4 et de 5 millimètres Morse réglé pour 25, puis pour 50 Callaud.

(*a*)	Avec 25 Callaud, on obtient en une seconde. . .		13	signaux
(*b*)	Avec 50 C. (nouv. réglage)	*id.*	16	—
	Avec 100 C.	*id.*	12	—
	Avec 150 C.	*id.*	10	—

Dans cette dernière série, l'expérience (*a*) montre le degré de sensibilité que l'électro-aimant a conservé après la modification. La force antogoniste est à son minimum. La vitesse générale n'est plus la même que dans la deuxième série d'expériences par suite de la charge qui devient considérable sur un tel circuit et qui exige un certain temps pour disparaître. Néanmoins une plus grande rapidité serait facilement obtenue si l'on resserrait davantage le jeu de l'armature. Mais on ne se trouverait plus dans les conditions ordinaires du travail, conditions que nous avons voulu maintenir.

Si, dans ces diverses expériences, on se sert d'un électro-aimant ordinaire, l'armature attirée ne se détache plus assez vite et souvent même ne se détache pas lorsqu'on passe du premier groupe d'éléments au suivant. Les signaux se confondent et un nouveau réglage devien indispensable. Il n'est d'ailleurs pas toujours besoin, pour observer cet effet, que la différence entre les groupes so aussi grande.

Les résultats que nous avons mentionnés plus haut sont des indications moyennes, et l'on comprendra facilement qu'ils peuvent varier en plus ou en moins selon l'état de la ligne sur laquelle on opère, ou suivant le pouvoir magnétisant des hélices de l'électro-aimant, ou enfin selon l'épaisseur du corps isolant dèstiné à séparer la culasse des noyaux. Mais ils suffisent pour montrer que la question du réglage des appareils, dont l'organe magnétique est un électro-aimant ordinaire, se trouve notablement simplifiée, et cette simplification a pour conséquence pratique, d'une part, de faciliter aux agents inexpérimentés ou ne s'occupant qu'accessoirement de télégraphie l'usage des appareils qui leur sont confiés et, d'autre part, de rendre, au cours d'une transmission, ces mêmes appareils insensibles aux variations de courant qui proviennent soit d'un défaut d'isolement de la ligne, soit de l'emploi d'une même batterie pour un trop grand nombre de fils. En effet, si l'on se borne à donner au ressort de rappel la force minima nécessaire au jeu régulier de l'armature, l'appareil se trouvera réglé de ce fait pour une force attractive au moins double ou triple, suivant qu'il s'agira d'un circuit plus ou moins long. Dans ces conditions, l'affaiblissement du courant qui résultera soit de pertes intermittentes sur la ligne, soit de l'installation de plusieurs conducteurs sur une

même pile, ne pourra se faire sentir au poste de réception dont l'appareil continuera à fonctionner avec la précision voulue.

Depuis six mois un relais ordinaire, non polarisé, dont les électro-aimants ont été modifiés d'après le premier système décrit en la présente note, est installé au poste central de Paris sur l'un des conducteurs Marseille-Londres, desservis à chaque extrémité par l'appareil Morse. La force antagoniste est un peu supérieure à ce qui est rigoureusement nécessaire pour que les signaux ne se confondent pas. Ce réglage permet à l'instrument de supporter, sans que la régularité de sa marche en soit entravée, les variations de courant qui se produisent à chaque instant sur une ligne d'aussi long parcours.

Les limites extrêmes de tension que peut, en un moment donné *et pendant le travail des correspondants*, comporter le ressort de rappel, sont généralement comprises entre 25 et 100 grammes par un temps sec et entre 18 et 70 grammes par un temps humide. Sur Marseille, qui est relié à Paris par un conducteur de 5 millimètres, et dont la pile est de 80 éléments Calland, la latitude du réglage se trouve quelquefois comprise entre 40 et 130 grammes.

Ces résultats viennent confirmer les séries d'expériences (2° et 3°) mentionnées plus haut, et s'ils semblent même les surpasser, cela tient à ce que lesdites expériences se rapportent à un nombre plus élevé d'émissions que celles produites par le Morse, qui sont, au maximum, de 5 à 6 par seconde.

LE TÉLÉGRAPHE PNEUMATIQUE

PAR M. CH. BONTEMPS *.

IV

Traction.

Utilisation de l'air comprimé. — Après avoir cherché à réduire de plus en plus le prix de l'unité de dépense kilométrique, il est intéressant d'examiner la question sous une autre face.

Nous effectuons un transport avec l'air comprimé pour remorqueur. Comparons donc notre opération avec des similaires dans l'industrie : sur une route ordinaire, une force de tirage représentée par 1 mène une charge représentée par 30, d'où le rapport de la force de tirage à la charge. $\frac{1}{30}$

Sur un chemin de fer (avec la vitesse de 48 kilomètres à l'heure), ce rapport devient. . . . . . $\frac{1}{100}$

Sur un canal, le rapport n'est plus que de. . . $\frac{1}{1.000}$

Nous avons ainsi le moyen de déterminer la proportion dans le cas qui nous occupe.

Partir avec de l'air à la pression effective $0^{m},45$ de mercure pour arriver avec de l'air à la pression $0^{m},19$,

* Voir le numéro des *Annales* de Mai-Juin 1875.

c'est travailler à la pression moyenne $\frac{0,45 + 0,19}{2} = 0,32$ correspondant à 0^{kg},434 par centimètre carré, soit à 14 kilogrammes sur la section de de 32 centimètres carrés environ qui est celle du piston.

Ces 14 kilogrammes seront, si l'on veut, la force de tirage; le poids moyen d'un train composé de dix boîtes étant de 4 kilogrammes, le rapport devient $\frac{14}{4}$, cest-à-dire qu'il est compris entre 3 et 4.

Ce résultat est surprenant : la vitesse, il est vrai, est quelque chose, mais remarquez qu'elle ne dépasse pas dans le tube atmosphérique celle du chemin de fer, et que dans ce cas le rapport est en faveur de ce dernier comme 300 ou 400 sont à 1.

Analysons ce phénomène, et peut-être dans l'avenir nous sera-t-il permis de réaliser quelque économie, connaissant bien les points faibles de notre application.

Voilà 14 kilogrammes agissant pendant tout le voyage sur le train; dans un trajet de 1.000 mètres, c'est 14.000 kilogrammètres* de travail moteur employé au transport. Ce travail se dépense en route et se retrouve intégralement dans les divers éléments ci-dessous :

1° Frottement du train;

2° Force vive du train (1/2 produit de la masse par le carré de la vitesse);

3° Force vive de l'air;

4° Travail de la pesanteur;

5° Frottement de l'air.

Évaluons successivement chacun d'eux :

1° ***Frottement du train.*** — Si nous supposons qu'on l'a

* On retrouve le nombre auquel nous a conduit une autre série de considérations basées sur le travail de l'air (14.211 kilogrammètres).

déterminé au moyen de l'angle de frottement, c'est-à-dire par l'inclinaison du tube à partir de laquelle le train abandonné à lui-même commence à glisser; si l'on admet 30° pour cette inclinaison, le calcul donné pour la valeur de la force qui représente le frottement 2 kilogrammes*; soit, pendant 1.000 mètres, un travail de 2.000 kilogrammètres (1).

2° *Force vive du train.* — C'est, avons nous dit, le 1/2 produit de la masse par le carré de la vitesse. Nous avons admis une vitesse moyenne de 11 mètres par seconde; le calcul donne pour ce terme** 24 kilogrammètres (2).

3° *Force vive de l'air.* — En effectuant les opérations indiquées dans la note***, on obtient 37 kilogrammètres (3).

4° *Travail de la pesanteur.* — Il est peu important, car il s'agit en général d'un transport à peu près horizontal. Cependant, pour ne pas le négliger, admettons qu'il y ait une dénivellation totale de 10 mètres dans l'ensemble du parcours, nous obtiendrons une évaluation maximum en totalisant le poids de l'air et celui du train, soit $6^k + 4^k = 10^k$, et, en multipliant ce poids par 10 mètres, on trouve 100 kilogrammètres (4).

* Le frottement a pour valeur P sin α, P étant le poids, α l'angle de frottement; dans ce cas $4^{kg} \times \sin 30° = 4^{kg} \times 1/2 = 2^{kg}$.

** La force vive $1/2\,mv^2$ (m étant la masse égale au quotient du poids P par l'accélération g de la pesanteur) devient, lorsqu'on fait les substitutions numériques, $1/2\,\frac{4}{9,81} \times \overline{11}^2 = 24^{kgm}$.

*** Dans la formule $1/2\,v^2 = 1/2\,\frac{p}{g}\,v^2$, p représente le poids de l'air remplissant le tuyau; le volume étant de 3.320 litres au kilomètre, le poids d'un litre de $1^g,82$ (à la pression moyenne absolue 0,32 + 0,76), on a $p = 6^{kgm},042$; d'où $1/2\,\frac{p}{g}\,v^2 = 37$ kilogrammètres.

5° *Frottement de l'air.* — Nous l'estimerons à la manière des chimistes dans leurs dosages par différence, faute des bases précises de calcul qui seront expliquées seulement dans le résumé des expériences. Totalisant les nombres (1), (2), (3), (4), on trouve 2.161 kilogrammètres.

Retranchant ce nombre de 14.000 kilogrammètres, on attribue pour valeur au frottement de l'air 11.839 kilogrammètres (5). C'est, avec le frottement du train, l'effet nuisible le plus important : aussi c'est à ces deux termes que nous nous attaquerons plus tard lorsque nous voudrons faire encore un pas en avant.

Le mode d'expédition par le vide comporterait des observations analogues ; nous ne les répétons pas.

Sans quitter le sujet, notons au passage une idée qui n'est peut-être pas chimérique. Un système de *rails* étant établi dans une galerie, ne peut-on pas concevoir une petite *locomotive* fonctionnant *seule* pendant le parcours de *un* ou *deux* kilomètres et remorquant à l'air libre un convoi de *dépêches*, au besoin une machine *électro-magnétique* produisant ce résultat ? Nous posons la question aux inventeurs.

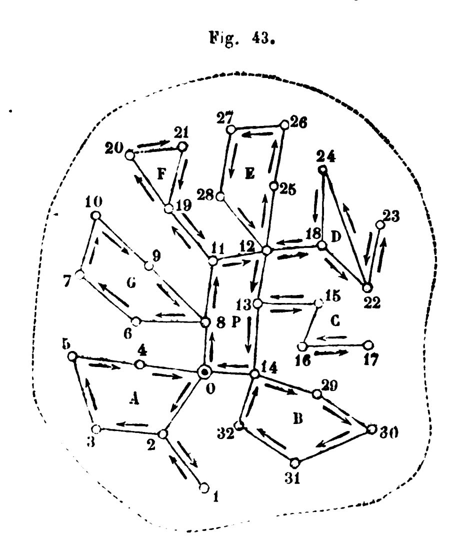
V

Exploitation.

Marche des trains et mouvement des dépêches. — A huit heures du matin le travail commence.

A la station centrale O (*fig.* 43), les appareils électriques en correspondance avec le monde entier apportent incessamment de nouvelles dépêches. Un employé plie la feuille de papier et la met dans une enveloppe dont la suscription doit reproduire fidèlement le nom du destinataire.

Fig. 43.



Les boîtes sont prêtes : un bordereau d'expédition accompagne le paquet destiné à chaque bureau, le tube est là ; une bouffée d'air, et le premier train est lancé ; le *circulus* commence.

Sur les polygones fermés, les trains cheminent alternativement dans chaque sens pendant un trimestre. On évite ainsi l'obstruction du tube en contrariant les dépôts de poussière de cuir ou de rouille, résultant de la circulation même. En hiver, les boîtes arrivent toujours plus mouillées qu'en été ; l'air fourni aux tubes et puisé dans les bureaux étant alors échauffé, dépose la vapeur d'eau dont il est saturé, lorsqu'il passe dans les conduits souterrains qui sont à une température plus basse. On atténue cet inconvénient en disposant les réservoirs et la prise d'air dans les caves quand cela est possible.

Suivons le train parti de 0 et arrivant à la station 8, avec un bruit saccadé. Nous y trouvons en tête une boîte

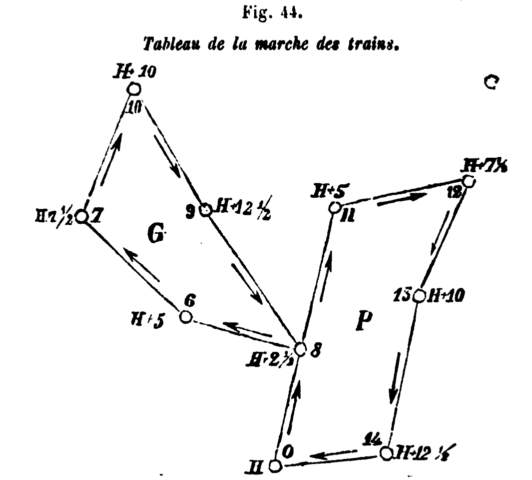
renfermant les dépêches à distribuer dans la circonscription de cette station et celles qui vont aller aux stations 6, 7, 10, 9. Nous échangeons cette boîte contre une autre emportant les dépêches déposées en 8 ou en 6, 7, 10, 9 que le train précédent du réseau G a amenées, et nous engageons sur 8-11 le train complet qui va continuer sa route en se renouvelant sans cesse. Afin de mettre de l'ordre dans la distribution, on donne aux dépêches les numéros d'une série diurne distincte pour chaque bureau. Le commerce de Paris fournit pour cet usage une série de timbres avec des empreintes variées qui donnent les meilleurs résultats.

Le contrôle du service se fait au moyen de feuilles de *procès-verbaux* relatant pour chaque train les heures d'arrivée et de départ *réelles*, que l'on compare avec le tableau de marche donnant les heures *réglementaires*. Le tableau de marche et le plan du réseau sont affichés dans les stations. Nous donnons ici un extrait du tableau pour les réseaux P et G (*fig.* 44). On a noté seulement la formule donnant l'heure *de départ* réglementaire; l'heure d'arrivée s'en déduit en en retranchant 1 minute. Au moyen de cette notation abrégée « H (*heure de départ du poste central*) + *un intervalle constant pour chaque bureau* », on peut connaître très-aisément l'heure de passage d'un train dont on indique le numéro, ou inversement, déterminer le numéro du premier train qu'a pu prendre une dépêche déposée à une heure connue. Il va de soi que les horloges de tous les bureaux devront être bien d'accord; avec les fils électriques qui les relient, c'est chose facile.

Nous quittons la station 8 au moment où les deux trains 8-11 et 8-6 s'en éloignent; continuons notre route et arrêtons-nous à la station 12 (*fig.* 43). Trois réseaux P,

Fig. 44.

Tableau de la marche des trains.



Nota. — H est l'heure de départ du train de la station centrale O.

Correspondance des numéros des trains avec l'heure de départ de la station centrale.

Numéros :	1	2	3	4	5	....	49	50	51	52
Heures :	8^h m.,	8^h15,	8^h30,	8^h45,	9^h m.	....	8^h s.,	8^h15,	8^h30,	8^h45 s.

E et D y aboutissent; les facteurs qui manœuvrent les appareils reçoivent les trois trains 11-12, 28-12, 18-12 et opèrent les transbordements nécessaires.

A 9^h 35^m un avis est déposé à la station 10 pour un destinataire demeurant dans le quartier desservi par la station 18. Le télégramme est parti par le train n° 7 (départ du poste central de 9^h 30^m) qui quittait le poste 10 à 9^h 40^m *. La boîte omnibus du réseau G l'a déposé en 8 à 9^h 44^m. Le train n° 8 l'a emmené à 9^h 47^m 1/2 dans la boîte omnibus du réseau P, et il est arrivé à 9^h 51^m 1/2 en 12. Là nous le voyons passer dans la boîte omnibus du réseau D et arriver à 9^h 54^m en 18; 15 minutes encore, et la remise à domicile sera effectuée; nous

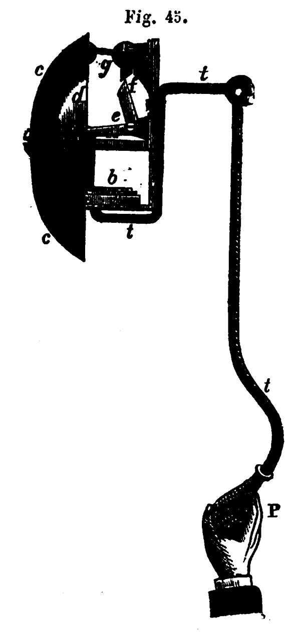
* Nous rappelons que la durée d'un voyage sur 1 kilomètre est de 1 minute 1/2, et l'arrêt aux stations d'un même réseau de 1 minute.

sommes conduits ainsi à $10^h 9^m$; le destinataire a été prévenu en 34 minutes.

Les trains 12-13, 12-18 et 12-25 repartent ensuite.

Il n'est pas nécessaire de faire la remarque que ces dépêches de la ville pour la ville, qu'en langage du métier on appelle des dépêches *omnibus*, peuvent être remises en *original* au destinataire. La boîte omnibus qui fait partie de chaque train est ouverte à toutes les stations, pour prendre et déposer ce qui concerne la station. Un système de fiches indiquant d'une façon très-apparente le nom du bureau destinataire, supprime toute hésitation au passage et réduit la durée de l'arrêt intermédiaire au minimum possible. Nous ne dirons rien des signaux électriques qui s'échangent aux deux extrémités de la ligne, au départ et à l'arrivée du train; la disposition des sonneries est une application élémentaire des procédés du télégraphe électrique.

Fig. 45.



Signaux acoustiques. — A de courtes distances, des signaux acoustiques peuvent aussi être obtenus dans des tubes étroits au moyen d'une compression insignifiante. On connaît les appareils *Walcker* que nous reproduisons (*fig.* 45).

Un tube *tt* transmet la pression exercée à la main sur une poire en caoutchouc P placée au départ. La poche A se gonfle et sa paroi *b* soulève le mou-

vement de sonnette *def*, qui actionne le marteau *g* et fait résonner le timbre *cc*. En donnant à la poire P les dimensions $0^m,07$ sur $0^m,05$ et en employant comme conducteurs des tubes de plomb de $0^m,005$, on peut transmettre un signal jusqu'à 250 mètres.

L'appareil décrit ci-dessus réalise un véritable télégraphe ; nous n'insisterons pas sur les divers usages auxquels il peut se prêter (sonnerie ordinaire, enregistrement de signaux, indication de manœuvres, etc.).

Une application originale en a été faite par l'inventeur à la transmission du mouvement à distance. Par exemple, le cordon d'une porte peut être remplacé par l'appareil *Walcker*, lorsque la loge du gardien est éloignée et que la communication n'est pas directe. Sous une autre forme, nous retrouvons le principe du tiroir qui est installé à la rue de Grenelle.

Types divers de dépêches. — Nous avons représenté (*fig.* 9) le modèle de la dépêche télégraphique de l'Administration française. La feuille de papier pliée en quatre est mise dans une enveloppe sur laquelle on reproduit l'adresse du destinataire.

De là une perte de temps et souvent même des erreurs de destination qui engendrent les plus fâcheux quiproquo. Divers procédés ont été proposés pour remédier à ces inconvénients. On a eu l'idée de former les quatre plis de la dépêche de façon à placer au dehors le carré renfermant l'adresse seulement. La dépêche est mise dans une enveloppe *transparente*.

Malheureusement, il est difficile de trouver un papier *solide*, assez transparent pour rendre très-lisible l'adresse manuscrite écrite sur la copie.

On a indiqué un autre mode. Le pli est préparé d'avance de façon que dans la confection l'adresse res-

sorte encore seule à l'extérieur; mais le pli est plus avant, afin de rendre l'enveloppe inutile. C'est la forme que les pharmaciens donnent aux paquets sortant de leurs officines. La *fig.* 46 montre la feuille déployée et le

Fig. 46.

pli fermé; les numéros indiquent l'ordre dans lequel doivent se faire les plis. Il suffit d'un cachet gommé appliqué en *a* pour clore le message.

Il serait même facile, dans une grande station centrale, où le nombre des plis à faire dans l'intervalle de deux trains est considérable, de combiner une machine qui exécute des plis automatiquement. Il suffit d'indiquer les résultats auxquels on est parvenu dans les manufactures de l'État pour la confection des paquets de tabac. Dans un ordre d'idées plus voisin de notre sujet, on peut

citer les machines qui servent à faire les enveloppes. L'exposition de Paris en 1867 renfermait plusieurs spécimens de ces machines qui accomplissent certainement des opérations plus complexes que la confection des plis du modèle de la *fig.* 46.

Il y a un autre système qu'il faut aussi recommander. Lorsqu'on ne tient pas au secret de la correspondance, le mode d'échange le plus simple consisterait dans l'emploi d'un carton timbré d'avance, circulant à découvert. Le service postal a déjà appliqué cette idée*.

VI

Dérangements.

Arrêt d'un train. — Un train vient à s'arrêter dans le tube, que fait-on en pareil cas?

Lorsqu'un dérangement se produit pendant le voyage, il peut être causé par un accident survenu à la *ligne*, aux *wagons*, ou bien aux appareils de bureau.

Les accidents survenus aux machines ou appareils sont promptement réparés par les mécaniciens et le train ne reste jamais en détresse un temps fort long.

Si la réparation n'est pas immédiate, le bureau correspondant peut, en soufflant dans le tube, faire revenir les boîtes à la station qui les a expédiées; la collerette qui garnit le piston se retourne quand le sens de la pression change, et un nouveau piston, engagé par le bureau qui refoule, va rejoindre le train et le ramène au poste de départ.

* Une loi du 20 déc. 1872 a institué les *cartes postales* à 0f,10 pour Paris et 0f,15 pour la province. Le réseau des tubes pneumatiques complet fournira un moyen de distribution plus rapide que les voitures employées aujourd'hui par l'administration des Postes.

Dans le cas d'une avarie aux vagons ou à la ligne, la difficulté est d'une autre espèce. On commence par augmenter autant qu'il est possible la pression de l'air à l'arrière du train, souvent on le démarre ainsi *.

Lorsqu'on échoue dans ces tentatives, il n'y a plus d'autre moyen que de pratiquer une fouille pour chercher l'obstacle. Une expérience faite au bureau de départ permet de déterminer avec une approximation très-satisfaisante le lieu du dérangement. On observe la variation de la pression de l'air des réservoirs du poste, lorsqu'ils sont mis en communication successivement avec une ligne de longueur connue et avec la portion de ligne en dérangement. L'application de la loi de Mariotte aux résultats de cette expérience peut indiquer à 30 mètres près le tuyau à enlever. Ajoutons que l'on n'a que de très-rares occasions de recourir à cette opération.

L'observation journalière du manomètre et la pratique qu'elle donne aux agents qui desservent constamment la même ligne simplifient considérablement la recherche des dérangements. On comprend, en effet, que si l'on s'astreint à effectuer le voyage entre des limites de pression qui restent toujours les mêmes, on pourra obtenir une sorte de graduation empirique de l'instrument. Les distances à divers repères de la ligne pourront être reportées dans l'intervalle du cadran correspondant aux deux pressions initiale et finale. Il est possible aussi dans quelques cas, en s'aidant d'indications ayant cette origine, d'aller presque à coup sûr trouver l'obstacle.

* Avec le système de compression par l'eau pour augmenter la pression dans les réservoirs autant que le comporte la pression de l'eau, on isole les deux réservoirs d'air l'un de l'autre en fermant le robinet de communication.

On fait autant de cuvées qu'il en faut pour avoir le maximum de charge.



Il reste dans tout état de cause l'application de la méthode expliquée ci-dessus, et qui consiste à comparer la variation de pression lorsqu'on envoie l'air sur une ligne fermée de longueur connue et sur la section en dérangement. Cette méthode devient assez précise lorsqu'on contrôle les résultats obtenus à l'une des extrémités du tube en répétant l'expérience à l'autre extrémité. L'œil et la main se font vite à ce genre d'essais; l'approximation de 30 mètres que nous avons indiquée n'a rien d'exagéré.

On peut, au demeurant, s'aider encore par l'emploi d'une tringle articulée dont on développe une assez grande longueur (50 à 60 mètres) de chaque côté de la lacune pratiquée dans la ligne par l'enlèvement d'un tuyau. Enfin, lorsque les tubes sont posés en galerie, la question devient des plus simples, parce qu'alors la ligne est immédiatement accessible. On arrive même souvent, en enlevant un tuyau à une certaine distance en avant du lieu du dérangement, à relever ce dernier.

La pression d'air qu'on peut exercer au départ se trouve renforcée de toute la valeur à attribuer au frottement à l'avant qui se trouve de fait supprimé.

D'après ces préliminaires, la recherche d'un dérangement est fondée sur l'application de la loi de Mariotte aux deux états de l'air comprimé renfermé dans un réservoir, suivant que la communication avec la ligne est *établie* ou *supprimée*. L'approximation que peut donner cette méthode est de 30 mètres environ sur la longueur moyenne de *un* kilomètre, à condition toutefois que l'observation de la pression se fasse avec une erreur maximum de *un* millimètre de mercure dans chacune des déterminations. Il n'y a là, ainsi que nous l'avons dit, rien de fantaisiste pour des expériences convenablement faites. Mais tous

les praticiens savent que la lecture *au millimètre de mercure*, regardée par un physicien comme l'enfance de l'art, n'est pas chose commode à atteindre dans une exploitation courante, avec les manomètres généralement assez grossiers qui sont les instruments usuels.

On s'est donc efforcé de trouver des moyens plus perfectionnés. Celui qui vient naturellement à l'esprit est de faire dérouler par le piston un fil enroulé sur un tambour. Un compteur fixé à celui-ci fait connaître la quantité de fil qui s'est engagée sur la ligne derrière le piston, et si le fil est guidé et tendu, la longueur déroulée fera connaître la distance de l'obstacle. Le système n'a pas été essayé.

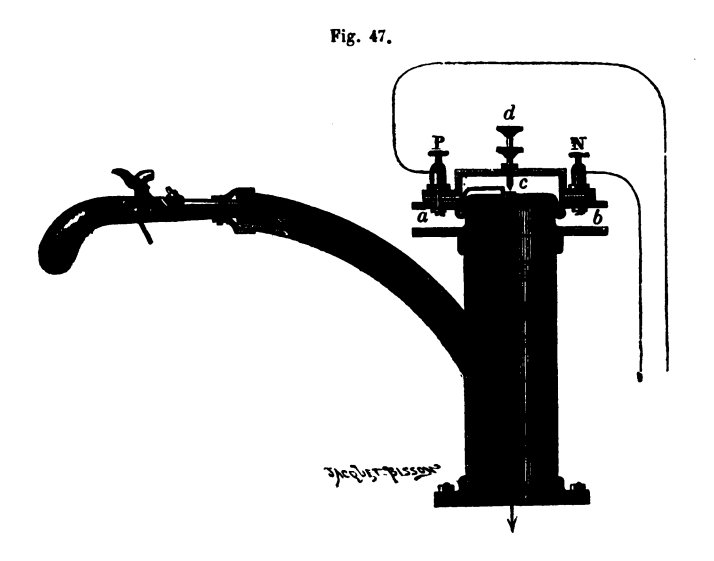
Procédé par la vitesse de propagation du son. — Nous parlerons maintenant d'un procédé qui n'est que l'adaptation au but spécial que nous avons en vue de la méthode d'expériences de M. Regnault pour la détermination de la vitesse de propagation du son dans les tuyaux.

L'originalité de ces expériences est tout entière dans le mode d'observation de l'onde sonore à son arrivée à l'extrémité du tuyau.

M. Regnault a construit avec une membrane en caoutchouc une oreille artificielle plus sensible que l'oreille humaine. Lorsqu'une telle membrane est gonflée par l'arrivée d'une onde, si l'on utilise le mouvement ainsi produit pour fermer un circuit électrique convenablement disposé, on se donne le moyen de noter très-exactement l'instant où l'onde parvient à destination.

La disposition à donner à cette membrane est simple. La *fig.* 47 la représente. On choisit une bande de caoutchouc *ab* faiblement vulcanisé, de 1/3 de millimètre environ d'épaisseur lorsqu'il n'est pas tendu, et dont le décimètre carré de surface pèse 4 grammes. On enchâsse

Fig. 47.



cette membrane *ab* entre deux brides de métal réunies par des vis qui traversent des trous pratiqués dans la lame de caoutchouc. Au centre on colle à la gomme laque un petit disque *c* en métal au-dessus duquel est une vis pointue *d*. Un circuit électrique se ferme quand *c* et *d* se touchent par le gonflement de la membrane.

On place à l'extrémité libre du tube la *membrane élastique*, dont les gonflements alternatifs peuvent être enregistrés sur un cylindre tournant, au moyen de l'électricité. Une onde est produite dans le tuyau par la détonation d'un pistolet placé auprès de la membrane. Cette onde chemine dans le tube à la vitesse de 330 mètres par seconde et vient buter contre l'obstacle; là elle se réfléchit, parcourt le tube en sens inverse et gonfle la membrane. On a ainsi sur le cylindre une *première* marque.

La membrane envoie l'onde contre l'obstacle qui la

réfléchit de nouveau vers la membrane, ce qui permet d'obtenir sur le cylindre une *deuxième* marque.

Si l'on réussit à évaluer l'intervalle de temps écoulé entre les apparitions des deux marques, il est aisé de voir qu'on pourra calculer la distance de la membrane à l'obstacle.

Le *chronographe* (*fig.* 48, Pl. XII) dont nous nous servons porte trois traceurs actionnés par des électro-aimants.

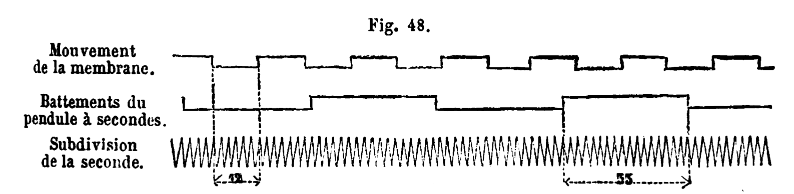
Le *premier* traceur est placé dans le circuit qui est fermé par les gonflements alternatifs de la membrane.

Le *deuxième* traceur correspond à un régulateur électrique marquant les *secondes* sur le cylindre.

Le *troisième* traceur subdivise l'intervalle de la seconde au moyen des vibrations d'un trembleur électrique.

Voici un exemple (*fig.* 49) d'une détermination pratique.

Fig. 48.



Un obstacle est placé sur la ligne à une distance de 62 mètres.

Le trembleur exécute *trente-trois* oscillations par seconde.

L'intervalle occupé, sur la bande de papier qui recouvre le cylindre, par deux marques consécutives de la membrane, correspond à douze oscillations.

La distance de l'obstacle se calcule par la formule suivante :

$$D = \frac{1}{2} \times 330 \times \frac{11}{33} = 60 \text{ mètres.}$$

L'approximation est donc de 2 metres; le dérangement se trouverait relevé au moyen d'*une seule* fouille.

Dans la pratique courante, cette méthode s'applique sans l'aide d'un chronographe enregistrant et d'une membrane en caoutchouc. Le simple chronomètre à pointage suffit à évaluer la durée avec la précision nécessaire. La perception du retour des ondes peut être faite soit à l'oreille, soit au moyen du bruit d'un sifflet, soit enfin par l'élévation brusque de la colonne d'un petit manomètre à eau adapté à la conduite.

Procédé de M. Siemens. — M. Siemens préfère mesurer la quantité d'eau qu'il faut dépenser pour remplir la ligne jusqu'à l'obstacle; la précision doit être assez grande, mais il faut convenir que le procédé, malgré la simplicité apparente, a un aspect quelque peu primitif. On voit bien comment on introduira cette grande masse d'eau, mais il est plus difficile de concevoir qu'elle se puisse enlever aisément.

Nous citerons quelques exemples de dérangements constatés :

1° *Oubli du piston.* — L'air agissant alors directement sur les boîtes pénètre entre les enveloppes et tend à les séparer ; les boîtes ne sont plus rassemblées, on les voit arriver successivement à l'extrémité du tube, ouvertes pour la plupart, et avec les dépêches en désordre.

2° *Oubli d'un train.* — C'est presque incroyable, mais la chose est arrivée. Par distraction, le facteur avait donné le signal de la réception bien avant l'arrivée du train. Lorsque vint le train suivant, il poussa le premier et se mit à sa place; à l'arrivée on prit celui-ci pour celui-là, et ainsi toute la journée on reçut d'autres trains que ceux qu'on attendait, jusqu'à ce que la vérification des bordereaux eût mis sur la trace de ce cas singulier.

3° *Boîtes engagées à contre-sens.* — Ce sont les mêmes péripéties que dans le premier exemple, le train se coince.

4° *Bris du piston.* — La collerette est fixée au piston au moyen d'une tige à vis. Un jour d'hiver, la tige se casse, le train s'arrête, et par l'effet de la gelée, se trouve emprisonné dans la glace. Le démontage n'était pas aisé; la ligne était établie sous un pont, et la perspective de la rivière gelée elle-même déconseillait l'emploi d'un échafaudage volant, difficile d'ailleurs à installer. On remplit d'eau chaude plusieurs pistons et on les lança dans la partie encombrée. Peu à peu ils eurent raison de l'embarras et l'on reçut à l'extrémité, avec les boîtes et les pistons, les glaçons désagrégés.

Il restait encore l'écrou de la tige. Ce fut l'affaire d'un second envoi, dirigé cette fois de façon que le piston arrivât très-lentement sur l'objet à entraîner pour le pousser devant lui et le faire sortir à son tour.

5° *Accident au tuyau.* — Lorsque les tubes sont posés en tranchée dans le sol fréquemment remué par les travaux de canalisation d'eau ou de gaz et de réfection des chaussées, les coups de pioche sont à craindre. S'ils ne percent pas le tuyau, il l'aplatissent; il est inutile d'ajouter que c'est une cause d'arrêt pour le train quand il arrive au point touché.

Les fuites d'air, qui sembleraient devoir être fréquentes, ne se sont au contraire jamais produites, même dans les parties où, comme dans l'exemple n° 4, la ligne suit les oscillations du tablier du pont qui la porte.

6° *Essai de nouveaux chariots.* — On avait pensé qu'un piston garni sur sa surface d'une véritable brosse aurait un excellent effet pour enlever de la ligne les poussières et la boue qu'elle peut renfermer. Malheureusement, ce

que la brosse enlève, elle le porte dans un point bas ou étranglé, et après quelques voyages, elle vient s'y fixer elle-même sans qu'il soit possible de la faire démarrer avec la pression.

Service pendant un dérangement.—Tout en cherchant à faire arriver les dépêches en souffrance, il faut encore s'occuper de ne pas retarder les suivantes.

Voici les règles adoptées en pareil cas.

Pendant que les recherches et les essais se font sur la portion de ligne en dérangement qui est comprise entre deux bureaux, on organise un service de voitures partant chaque quart d'heure de l'extrémité de la lacune et transportant le train à l'autre poste avec une perte de temps minime. Lorsque le dérangement peut être relevé dans un intervalle de moins de quatre heures, il n'y a pas de meilleure solution.

S'il arrive que la durée de l'interruption se prolonge, le tracé polygonal fournit le moyen d'assurer le service en substituant au train *circulaire* des trains dans deux sens avec croisement*.

Pour fixer les idées par un exemple, revenons à la *fig.* 43. La ligne en dérangement est la ligne 8-11. Il est possible de desservir toutes les relations des stations 8, 11, 12, 13, 14 avec le centre 0 et entre elles au moyen de deux systèmes de trains :

1° 8-0, 0-14, 14-13, 13-12, 12-11;
2° 11-12, 12-13, 13-14, 14-0, 0-8.

partant en même temps des stations 8 et 11 et se croisant en 13.

* Il y a toujours un certain temps perdu lorsqu'on passe d'un mode d'exploitation à un autre; c'est pour cette raison que nous préférons l'emploi des voitures qui laisse subsister le service primitif, quand l'interruption dure moins de quatre heures.

Mais dans ce cas les appareils de productions d'air comprimé à chacune des stations autres que les stations 8 et 11 auront à fournir une provision double de celle qui est nécessaire dans l'exploitation régulière.

Dans le système des cuves à eau, on combinera les manœuvres pour faire en 10 minutes la provision pour un voyage; par conséquent, en échelonnant les départs des stations 8 et 11 par période de 20 minutes, on sera assuré d'un fonctionnement régulier sur toute l'étendue du réseau principal. Sur les réseaux secondaires, le service circulaire ordinaire continuera avec des phrases de 20 minutes au lieu de 15, et les correspondances seront assurées comme dans le mode d'exploitation courant.

L'emploi des signaux électriques devient indispensable avec des trains circulant dans les deux sens sur une ligne à une voie. Ils préviennent les collisions et donnent toute sécurité au service; ils servent en outre à l'échange d'avis en cas d'accident.

(*A suivre.*)

DES MOYENS D'AUGMENTER

LE RENDEMENT DES FILS TÉLÉGRAPHIQUES

DESSERVIS PAR DES APPAREILS ÉCRIVANTS.

(Suite.) *

II. — *Moyens électriques.*

Le rendement des fils peut être augmenté :

1° Par le perfectionnement des modes de transmission simple;

2° Par l'emploi de la transmission simultanée. Cette dernière partie constitue la *Télégraphie double* (duplex system) et sera étudiée à part.

Perfectionnement des modes de transmission simple. — Les difficultés qu'éprouve la transmission télégraphique sur les lignes d'une certaine longueur proviennent de causes multiples que l'on peut classer dans trois catégories ** :

1° Les unes tiennent à ce que les fils conducteurs et les appareils sont, par leur nature même, exposés à des accidents qu'il est impossible d'éviter complétement ;

2° D'autres se rapportent à des phénomènes météorologiques très-divers ;

3° Celles qui doivent nous occuper plus spécialement

* Voir *Annales,* tome I, p. 329.
** Voir Blavier, *Traité de Télégraphie,* tome I, page 323.

proviennent du mode même de propagation de l'électricité.

La première catégorie comprend : les dérivations à la terre ou pertes, auxquelles on remédie par l'augmentation de la pile ou l'emploi de relais et de translations ; les mélanges ou dérivations des fils les uns sur les autres, dont on atténue beaucoup les effets par l'emploi de la transmission par double courant, ou en les transformant en dérivations à la terre à l'aide de fils de terre placés le long des poteaux, qu'on ne peut combattre quelquefois qu'en isolant à leurs deux bouts tous les fils mêlés avec le fil sur lequel on veut travailler ; l'induction entre les fils d'une même ligne, qui oblige à conserver entre eux un certain espacement ; la polarisation des plaques de terre ;

Enfin, dans les appareils : les courants d'induction qui se développent pendant l'aimantation et la désaimantation du fer doux des électro-aimants : ces courants diminuent d'intensité lorsque la ligne est longue et résistante ; car ils parcourent le même circuit que celui de la pile, et leur force électromotrice est proportionnelle à l'intensité du courant de la pile : leur intensité propre sera donc inverse de la résistance du circuit. L'effet perturbateur des électro-aimants est particulièrement sensible quand on les intercale dans le circuit du poste même qui transmet. Le courant ne pouvant passer sur la ligne que lorsque le fer doux est aimanté, le *point* se trouve raccourci, et sa transmission même peut être totalement empêchée. Quand on envoie une succession de signaux à travers l'électro-aimant, le noyau retient pendant chaque interruption une partie de son magnétisme, de telle sorte que l'effet perturbateur variera à chaque instant. Enfin toute cause qui tend à altérer la condition magnétique du noyau pro-

duit une variation correspondante dans la perturbation des signaux : de là l'influence de l'armature, influence qui est à son maximum quand elle touche les pôles de l'électro-aimant et qui décroît rapidement avec la distance. Plus la masse des noyaux est considérable, plus l'armature est lourde et plus elle se meut lentement vers les électro-aimants, plus cet effet sur les signaux est sensible.

Les relais polarisés sont moins affectés que les relais ordinaires, car la variation de leur magnétisme est moindre; enfin l'effet est plus faible sur les bobines qui ont un petit nombre de tours de fil.

Dans la seconde catégorie, nous signalerons en particulier les courants telluriques dus à la différence du potentiel de la terre aux deux points extrêmes du circuit où plongent les plaques de terre. Ces courants, très-énergiques sur les câbles atlantiques, ont obligé un moment à se servir d'un second câble comme fil de retour, afin de supprimer toute communication du circuit avec la terre. Aujourd'hui l'on y rémédie par l'emploi de condensateurs.

Arrivons aux difficultés de la troisième catégorie, c'est-à-dire à celles qui tiennent au mode même de propagation de l'électricité.

La transmission Morse peut s'effectuer à *simple courant* et à *double courant.*

Examinons séparément chacun de ces deux systèmes.

Transmission à simple courant. — Il existe plusieurs modes de transmission à simple courant; les deux principaux sont la *transmission à courant interrompu*, dans laquelle la ligne n'est traversée par le courant que quand un des postes correspondants travaille, et la *transmission à courant continu*, qui est d'un usage général dans les

États-Unis. Dans ce dernier mode, la ligne et les appareils, dans les intervalles des transmissions, sont constamment traversés par le courant d'une pile placée à l'une quelconque des stations. Quand on veut transmettre, le circuit est rompu à l'aide d'un interrupteur, et l'on manipule comme à l'ordinaire. On place en général la moitié de la pile à chacun des postes extrêmes, afin de rendre moins sensible l'effet d'une perte sur la ligne. Ce système a l'avantage de dispenser de placer des piles dans les postes intermédiaires; mais il nécessite une plus grande dépense de pile, et le courant est plus variable qu'avec le système ordinaire; enfin il détériore promptement les fils souterrains dont l'isolement est défectueux.

Dans la *transmission ordinaire*, les signaux sont formés par des émissions de courant courtes ou longues, espacées par des intervalles de longueur variable, durant lesquels la ligne se trouve en communication avec la terre à ses deux extrémités par l'intermédiaire des récepteurs.

La théorie de ce mode de transmission a été faite trop complétement pour qu'il soit utile d'y revenir*. Nous nous bornerons à en énoncer les résultats : le premier courant émis sur la ligne, devant la charger complétement avant de s'écouler par l'extrémité opposée, il faut d'abord une certaine durée d'émission pour l'arrivée des premières traces de courant; puis il faut que l'intensité de ce courant atteigne une valeur suffisante pour agir sur le récepteur. Si ensuite le manipulateur revient à sa position de repos, la ligne se décharge par ses deux extrémités : la durée de la décharge est égale à celle de la charge si la ligne est mise directement à la terre par ses

* Voir Blavier, tome I, page 418, et tome II, pages 338 et suivantes.

deux extrémités; mais elle est beaucoup plus longue si, comme dans la manipulation ordinaire, la résistance du récepteur se trouve au départ intercalée entre la ligne de la terre. L'attraction de l'armature ne cesse que lorsque l'intensité décroissante du courant de décharge, dans l'intervalle des signaux, est tombée au-dessous d'une certaine valeur. Si, avant que cette valeur soit atteinte, on envoie un second signal, le fluide se répand de nouveau dans le conducteur, il n'y a aucune interruption à l'extrémité de la ligne, et le courant, après avoir un peu diminué d'intensité, augmente de nouveau, de telle sorte que si le second courant vient s'ajouter au courant de décharge du précédent avant que l'armature soit revenue à sa position de repos, les deux émissions se confondent et produisent un trait continu.

En outre, si l'on revient rapidement de la position d'émission à celle de repos, la partie de la charge située dans le voisinage du poste qui transmet s'écoule à travers son récepteur dans la direction des courants émis par l'autre station, formant *un courant de retour* dont l'intensité est souvent plus grande que celle des courants reçus, et par suite agissant sur le récepteur ou le relais, dont le réglage se trouve ainsi modifié.

Avec des récepteurs polarisés et en se servant dans l'un des postes d'un courant inverse de celui dont se sert l'autre poste (comme dans le système Hughes ordinaire), on peut éliminer l'effet des courants de retour, car ils agissent sur l'appareil polarisé dans la direction qui ne le fait point mouvoir; mais le passage continuel de fortes décharges à travers un relais polarisé, finit par altérer son aimantation en raison du magnétisme rémanent qu'il produit, et oblige à modifier souvent le réglage.

On évite le courant de retour et l'on facilite la décharge,

en mettant hors du circuit le récepteur du poste qui transmet ou le relais, par l'établissement pendant la transmission d'une communication directe avec la terre; mais le correspondant ne pourrait plus couper cette transmission.

Alors on dispose le manipulateur de manière que le levier, en passant de la position d'émission à celle de réception, touche pendant un instant, à l'aide d'un ressort convenablement disposé, un contact en communication avec la terre. Ce procédé permet de recevoir dans le récepteur les interruptions du poste correspondant : le contact ne dure qu'un instant très-court, il est vrai, mais il facilite la décharge.

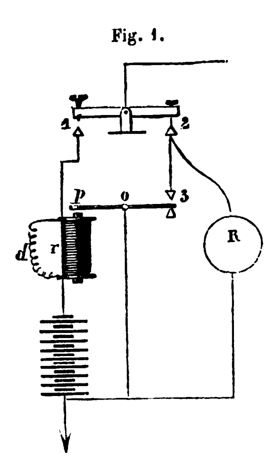
On arrive au même résultat en établissant une dérivation artificielle du fil de ligne à la terre au moyen d'un conducteur assez résistant pour ne pas empêcher la transmission du courant : l'intensité est un peu affaiblie, mais la charge et la décharge du fil s'opèrent plus rapidement et les signaux peuvent se suivre à des intervalles plus rapprochés. Ce procédé a donné, à notre connaissance, de bons résultats sur la ligne côtière sous-marine établie, lors de l'insurrection arabe de 1871, entre Alger et Bône : au bureau de Bougie, où s'opérait la jonction des câbles se dirigeant sur Alger et Bône, on installait une dérivation à la terre pendant les transmissions directes.

Quand il y a des translations établies sur la ligne, on pourrait en principe installer les leviers des armatures comme ceux des manipulateurs des postes extrêmes, et faire en sorte qu'ils touchent un contact de terre en passant de la position d'émission à celle de réception. Mais cette disposition est difficile à réaliser, surtout à cause du peu de jeu des armatures. M. Schwendler propose alors l'emploi de relais de décharge, qu'il a appliqués avec

succès sur les plus longues lignes de l'Inde Anglaise (*Philosophical Magazine*, juillet 1871).

Un relais de décharge est un relais de résistance très-faible, par rapport à celle de la ligne, et qui est muni d'un fil enroulé sur une bobine agissant comme dérivation sur les bobines du relais. Le relais et sa dérivation forment deux circuits parallèles que l'on interpose entre la ligne qu'il s'agit de décharger après chaque signal et la pile de ligne. L'une des extrémités du fil de l'électro-aimant du relais récepteur est reliée à l'axe du levier de ce même relais. La *fig.* 1 indique comment les communications sont établies : 1, 2 représente le manipulateur ou le levier du relais transmetteur de la translation ; *r* la bobine du relais de décharge ; *p* sa palette ; *d* la dérivation ; R le récepteur ou le relais de réception.

Fig. 1.



Quand on abaisse le manipulateur, le courant de la pile, avant d'arriver sur la ligne, traverse le relais de décharge *r* et la dérivation *d*; la palette *p* attirée fait buter le levier *op* contre le contact 3, pendant toute la durée de l'émission. Lorsque celle-ci cesse, l'extracourant qui se développe dans *r* dans le même sens que l'émission et trouve un passage par la dérivation *d*, maintient la fermeture du contact 3 encore quelques instants après que le levier a repris sa position de repos sur le contact 2 ; une grande partie de la décharge passe alors directement à la terre par *o*, au lieu traverser le récepteur R.

La résistance *r* des bobines du relais de décharge

étant connue, il est clair qu'il y a une valeur de la résistance *d* de la dérivation, qui rendra le magnétisme rémanent maximum, ou qui prolongera le plus longtemps possible le contact 3. Car si *d* a une valeur extrêmement grande ou n'existe pas, le circuit de l'extracourant est rompu, et si *d* a une résistance très-faible, le courant de la pile ne traversera pas le relais *r*. On trouve que si la résistance *r* est négligeable par rapport à celle de la ligne, la résistance la plus convenable à donner à *d* est $d = r$. En employant comme relais de décharge un relais polarisé de Siemens, il fonctionnera bien avec une résistanée de 200 unités Siemens seulement. Bien que la dérivation *d* ne contienne pas de fer doux, elle développe également, au moment de la cessation de l'émission, un extracourant, qui a dans la dérivation le même sens que le courant de la pile, et, par suite, qui est de sens contraire à l'extracourant du relais *r* dans le circuit $r + d$. Pour que l'extracourant de *r* ne soit pas trop affaibli par celui de *d*, on construit cette dérivation avec un fil très-résistant, du maillechort de très-petit diamètre; on l'enroule sur une bobine de grand diamètre, afin d'avoir un très-petit nombre de tours, et l'on éloigne les tours le plus possible les uns des autres; ou mieux, on enroule le fil en double, par le milieu de sa longueur, afin que les courants d'induction circulant en sens contraire dans cette dérivation, se détruisent.

Lorsqu'on produit une série d'émissions très-rapprochées à l'une des extrémités d'une ligne, la décharge n'a pas le temps de se faire complétement dans l'intervalle des signaux; la ligne est alors constamment traversée par un courant qui éprouve seulement une série d'accroissements et de diminutions d'intensité. Pour que la transmission soit rapide, il importe que dans les émissions

l'intensité ne dépasse jamais beaucoup la valeur nécessaire pour que l'armature soit attirée, et que, pendant les interruptions, elle ne descende jamais beaucoup au-dessous de la valeur pour laquelle l'armature cesse d'être attirée; car, dans le premier cas, on augmente la charge de la ligne, et il faut après l'émission un intervalle de temps plus considérable pour obtenir la cessation du signal avant l'envoi de l'émission suivante; dans le second cas, la ligne étant trop déchargée, il faut donner à l'émission suivante une durée plus longue pour obtenir un nouveau signal.

Les conditions de transmission les plus favorables sont évidemment réalisées quand, à *intervalles égaux*, on met la ligne alternativement en communication avec la pile et avec la terre, ce qui correspond à l'envoi d'une série de *points à intervalles égaux*. Mais si, dans la succession des signaux, se trouvent des signaux nécessitant des durées d'émission ou d'interruption plus grandes, c'est-à-dire des traits et des intervalles longs, il faudra, après l'émission prolongée qui produit le trait, et qui augmente l'intensité du courant et la charge de la ligne, un espacement plus long pour décharger suffisamment le fil avant d'envoyer le signal suivant, et, après l'interruption prolongée correspondant à un long intervalle durant lequel le fil se décharge trop complétement, il faudra, pour produire le signal suivant, une émission plus longue que si l'interruption précédente avait été très-courte. De plus, dans les appareils enregistreurs, un courant prolongé aimante plus fortement le fer de l'électro-aimant, et il faut un temps plus considérable pour qu'il revienne à l'état neutre.

Les systèmes *de compensation* ont pour but de faire en sorte que le courant reçu dans l'appareil n'augmente

pas à partir du moment où l'attraction s'est produite et ne diminue pas au moment où l'attraction a cessé.

On réalise le premier résultat en diminuant progressivement la force de la pile pendant l'émission du trait. Le manipulateur sera muni d'un ressort pressant rapidement sur plusieurs contacts très-rapprochés de manière qu'il n'y ait pas d'interruption : ces contacts correspondent à des nombres différents d'éléments, et la ligne se trouve, pendant le trait, successivement en communication avec des piles d'intensité décroissante : ou bien on emploiera une pile unique, et l'on empêchera le courant de s'élever, soit par de petites interruptions, soit, plus pratiquement, en divisant l'émission en deux parties : pendant la première, la ligne est en communication directe avec la pile ; pendant la seconde partie, le courant se trouve affaibli convenablement par l'intercalation entre la pile et la ligne d'un rhéostat dont on règle la résistance suivant l'état de la ligne.

On empêche la ligne de trop se décharger pendant les longs intervalles, en envoyant des courants interrompus d'une durée très-courte, qui ne produisent aucun signal et préviennent seulement une diminution trop rapide d'intensité ; ou mieux, en divisant aussi le long intervalle en deux parties : pendant la première, on interrompt la communication de la ligne avec la pile ; pendant la seconde, on fait passer sur la ligne un courant très-faible, en intercalant un rhéostat entre la pile et la ligne.

Si la ligne est mal isolée, on diminuera la résistance du rhéostat intercalé ; car, à cause des pertes, il n'y a pas à craindre que l'intensité augmente trop, et d'autre part, il faut s'opposer à une décharge trop rapide ; si elle est bien isolée, on augmentera au contraire cette résistance.

Ces dispositions peuvent être facilement réalisées à l'aide des manipulateurs automatiques, des transmetteurs des appareils à composition préalable, des distributeurs des appareils multiples, et, en un mot, dans tous les systèmes où les émissions et interruptions s'obtiennent par le frottement d'un ressort sur une bande de papier découpée ou sur des types métalliques.

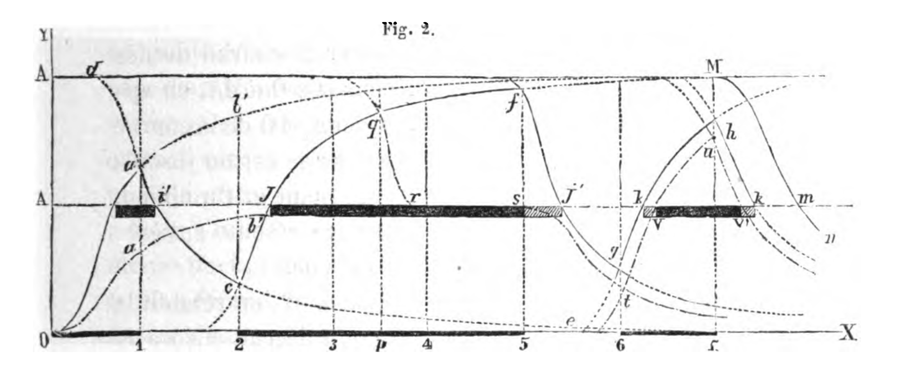
On peut se rendre compte des déformations que subit à l'arrivée la reproduction des signaux, en traçant *les courbes d'arrivée* des divers courants émis.

Examinons ce qui se passe pour la transmission de la lettre R (· — ·) qui offre l'exemple d'un trait précédé et suivi d'un point.

Portons sur l'axe OX des longueurs 01, 02, 03, etc. proportionnelles aux intervalles de temps écoulés depuis l'instant où la communication est établie au départ avec la pile, et élevons des perpendiculaires 1*a*, 2*b*, etc. proportionnelles à l'intensité du courant à la fin de chacun de ces intervalles. On obtient ainsi la *courbe d'arrivée du courant* O*ab*M. Au bout d'un certain intervalle de temps 07, cette courbe se confond sensiblement avec la parallèle à OX, menée à une distance OA représentant l'intensité définitive du courant. Si au bout de ce temps on supprime au départ la communication avec la pile pour la remplacer par une communication avec la terre, l'intensité du courant diminuera et la diminution suivra exactement les mêmes phases que l'augmentation pendant la charge du fil, en sorte que la courbe M*mn* (non achevée sur la figure), qui représente l'intensité du courant pendant la diminution a, *par rapport à la ligne* AM, la même forme que la courbe *oab*M *par rapport à* OX.

Si la force électromotrice est réduite à moitié, il en

Fig. 2.



sera de même de l'intensité finale qui sera $OA' = \frac{OA}{2}$ et des valeurs que prend l'intensité à chaque instant : la nouvelle courbe *oa'b'* sera telle que $\overline{1a'} = \frac{1}{2}\overline{1a}$, $\overline{2b'} = \frac{1}{2}\overline{2b}$, etc., et le courant emploie le même temps à atteindre sa valeur définitive $\overline{OA'}$ que dans le cas précédent.

Pour transmettre la lettre R, au bout du temps 01, pendant lequel l'intensité a crû suivant la courbe *oia*, on supprime la pile, et l'on met au départ la ligne à la terre ; le courant continue à augmenter un petit instant en raison de la charge électrique du fil*, puis l'intensité décroît suivant une courbe *ac* qui a la même forme que la courbe de diminution de courant M*m*, *prise à la même hauteur au-dessus de l'axe* OX.

Ces courbes se construisent facilement en prenant un rectangle de carton OAM7, sur lequel on trace la courbe O*ab*M, et que l'on découpe en deux parties suivant cette courbe. La partie la plus grande O*ab*M7 sert à tracer

* Il en résulte que les courbes *oa* et *ac*, au lieu de se couper brusquement comme sur la figure, se raccordent en réalité suivant un petit arc dont la courbure varie avec sa distance à la ligne A'*k'*.

les courbes de charge, et la partie la plus petite O*ab*MA les courbes de décharge. Pour tracer la courbe de décharge *ac*, on prend cette dernière partie O*ab*MA, on applique le côté AM sur l'axe OX, le sommet O de la courbe coïncidant avec A ; puis on fait glisser le carton jusqu'à ce que la courbe vienne passer par le point *a*. On obtient ainsi la courbe *dace* que la figure représente entière, mais que l'on trace seulement suivant *ac*.

Après un intervalle de temps égal à 02, on rétablit la communication avec la pile; le courant décroît encore un petit instant, puis croît en suivant une courbe *cf* qui n'est autre chose que la courbe d'arrivée *oab*, etc. que l'on a fait glisser parallèlement à elle-même jusqu'à ce qu'elle passe par le point *c*. Cette nouvelle communication avec la pile dure un temps triple de la première. On établit ensuite la communication avec la terre pendant le temps 1, ce qui donne la courbe de décharge *fg*, laquelle n'est autre que la courbe M*m* ou *dace* transportée parallèlement à elle-même jusqu'à ce qu'elle passe par *f*; puis une nouvelle communication pendant le temps 1 avec la pile pour faire le dernier point, ce qui donne la courbe de charge *gh*, et enfin on rétablit la communication à la terre, et l'on a la courbe de décharge *hk'*.

La courbe d'arrivée de la lettre R est donc la courbe figurée en trait plein O*acfghk'*. Supposons que l'armature du récepteur commence à être attirée dès que l'intensité du courant à l'arrivée atteint la valeur OA', et qu'elle cesse de l'être dès que, en décroissant, elle arrive à cette même valeur. En traçant la ligne A'*k'* parallèle à OX, les portions de cette sécante, interceptées par la courbe pleine, figureront la lettre telle qu'elle sera reproduite à l'arrivée. Le point 0-1 sera représenté par *ii'*, l'intervalle 1-2 par *i'j*, le trait 2-5 par *jj'*, l'intervalle 5-6 par *j'k* et le

point 6-7 par *kk'*. La déformation de la lettre consiste en ce que le premier point est raccourci et éloigné du trait et le dernier point est allongé et rapproché du trait.

Supposons maintenant qu'au lieu de laisser la ligne en contact avec la pile entière pendant toute la durée du trait, on remplace cette pile, pendant la seconde moitié *p*-5 de l'émission, par une pile de force électromotrice moitié de la première, ou qu'on réduise à moitié l'intensité définitive OA, en intercalant des résistances suffisantes entre la pile et la ligne. Pendant la première partie de l'émission 2-*p*, on aura encore la courbe de charge *cq*; ensuite l'intensité devenant moitié moindre, le courant diminuera suivant la courbe de décharge *qr* (figurée en ·—·—·—), puis conservera l'intensité OA' jusqu'à la cessation de l'émission; pendant l'intervalle 5-6, la ligne se déchargera suivant une courbe *st* qui est la courbe de décharge correspondante à la courbe d'arrivée O*a'b'*, ou à l'intensité définitive OA'.

Enfin, la grandeur du point final sera déterminée par les courbes *tu* et *u*V' (·—·—·—·—) obtenues en transportant parallèlement à elles-mêmes en *t* et *u* les courbes de charge et de décharge correspondant à l'intensité primitive OA. La lettre obtenue se composera du point *ii'*, du trait *js* et du point VV', c'est-à-dire des signaux indiqués en noir sur la figure. Les parties ombrées ont été détruites par l'effet de la compensation : l'intervalle entre le trait et le point final, diminué par l'excès primitif de charge produit par le trait, a été aggrandi, et le point qui était trop allongé a été réduit.

(*A suivre.*) J. Raynaud.

MOYEN D'OBTENIR

LA

RÉSISTANCE D'UN CONDUCTEUR TÉLÉGRAPHIQUE

TRAVERSÉ PAR UN COURANT ÉTRANGER

DE FORCE ET DE DIRECTION CONSTANTES

PAR M. LAGARDE,
Inspecteur des lignes télégraphiques.

M. Schwendler a donné la formule qui permet de résoudre cette question quand on fait usage de la méthode du pont de Wheatstone pour mesurer la résistance du conducteur. Mais comme on est souvent forcé de déterminer cette résistance par la méthode de substitution, je crois devoir publier les formules applicables à cette dernière méthode, et que j'avais cherchées en 1869 pour mon usage personnel.

Les expériences pratiques à faire sont les suivantes : on envoie sur le fil dont le deuxième bout est à la terre, un courant positif qui produit au galvanomètre une déviation δ ; on cherche ensuite la résistance R qui, mise à la place du fil, produirait avec la même pile la même déviation δ au galvanomètre*.

* On sait que R s'obtient en remplaçant, dans le circuit, le fil télégraphique par des résistances connues, et faisant quelquefois une dérivation au galvanomètre; dans certains cas même, remplaçant la pile par une autre moins forte.

Ensuite, avec la même pile, on envoie sur le fil un courant négatif qui produit une déviation δ' au même galvanomètre, et l'on cherche la résistance R' qui, mise à la place du fil, produirait avec la même pile la déviation δ'.

R et R' sont des résistances différentes et la résistance réelle x du conducteur est comprise entre elles. Pour trouver une formule qui permette de déduire x de R et R', représentons par E la force électromotrice de la pile dont le courant a été envoyé sur la ligne et par

ρ sa résistance;
G la résistance du galvanomètre;
e la force électromotrice inconnue qui produit le courant étranger;
i et i' les intensités des courants qui traversent le galvanomètre quand on envoie respectivement les courants positif et négatif de la pile sur le fil.

Nous supposons, en outre, que le courant étranger est, sur le fil, de même sens que le courant positif envoyé par la pile*.

On a alors :

$$i = \frac{E+e}{\rho+G+x}, \qquad i = \frac{E}{\rho+G+R}, \tag{1}$$

$$i' = \frac{E-e}{\rho+G+x}, \qquad i' = \frac{E}{\rho+G+R'}, \tag{2}$$

d'où l'on déduit :

$$\left.\begin{aligned}(E+e)(\rho+G+R) &= E(\rho+G+x),\\ (E-e)(\rho+G+R') &= E(\rho+G+x),\end{aligned}\right\} \tag{3}$$

ou :

$$(E+e)(\rho+G+R) = (E-e)(\rho+G+R'),$$

d'où :

$$e = \frac{E(R'-R)}{2(\rho+G)+R+R'}; \tag{4}$$

* Le résultat obtenu serait semblable en faisant l'hypothèse inverse.

par suite :

$$E + e = \frac{2E(\rho + G + R')}{2(\rho + G) + R + R'}.$$

Mettant cette valeur dans la première des équations (3), on en tire :

$$x = \frac{2RR' + (\rho + G)(R + R')}{2(\rho + G) + R + R'}. \qquad (5)$$

L'examen des équations (1) et (2) montre facilement que $R' > R$, et, par un calcul assez simple, on voit que la valeur de x donnée par la formule (5) est comprise entre R et R'.

Dans la plupart des cas la résistance ρ de la pile est négligeable ; alors la formule précédente devient :

$$x = \frac{2RR' + (R + R')G}{2G + R + R'}, \qquad (5\ bis)$$

et enfin quand ρ et G peuvent être négligés tous les deux, on a simplement :

$$x = \frac{2RR'}{R + R'}. \qquad (5\ ter)$$

La valeur de x donnée par la relation (5 *ter*) est inférieure à la valeur réelle donnée par (5). La différence d entre ces deux valeurs est représentée par :

$$d = \frac{(\rho + G)(R' - R)^2}{(R + R')[2(\rho + G) + R + R']}. \qquad (6)$$

L'errenr relative ε, par rapport à la valeur réelle, que l'on commet en prenant $x = \frac{2RR'}{R + R'}$ au lieu de la valeur réelle, est représentée par :

$$\varepsilon = \frac{(R' - R)^2}{(R + R')\left[(R + R) + \frac{2RR'}{\rho + G}\right]}, \qquad (7)$$

d'où :

$$\varepsilon < \left(\frac{R' - R}{R + R'}\right)^2. \qquad (7\ bis)$$

Cette dernière relation permet de voir presque instantanément si la formule (5 *ter*) donne une approximation suffisante de la valeur de x.

Force électromotrice du courant étranger qui parcourt le fil. — Le rapport de cette force à la force électromotrice de la pile dont le courant a été envoyé sur le fil, se déduit de la formule (4) qu'on peut mettre sous la forme :

$$\frac{e}{E} = \frac{R' - R}{2(\rho + G) + R + R'}. \qquad (4)$$

Lorsque $2(\rho + G)$ est négligeable devant $(R + R')$, on a simplement :

$$\frac{e}{E} = \frac{R' - R}{R + R'}, \qquad (4\ bis)$$

Quand la valeur de x est déterminée, on peut aussi faire usage de la formule :

$$\frac{e}{E} = \frac{\rho + G + R}{x - R}, \qquad (8)$$

déduite des équations (1).

En opérant de cette manière, j'ai trouvé en 1869 que les fils souterrains allant de la station centrale de Paris à la guérite de l'Est étaient parcourus chacun (lorsque les deux bouts communiquaient avec la terre) par un courant tellurique dont la force électromotrice était les 0,33 de la force électromotrice d'un élement Daniell médiocre.

Remarques. — I. Les formules qui donnent la résistance réelle du fil, ainsi que celles qui donnent la force du courant étranger, sont applicables, non-seulement quand le fil a ses deux extrémités à la terre, mais aussi quand le bout opposé à celui où se trouve l'opérateur est isolé. Dans le premier cas, le courant étranger qu'on ob-

serve est la somme des courants produits par les terres, des courants naturels, des courants thermo-électriques sur les fils aériens et autres. Dans le second cas, ces courants sont relativement très-faibles.

II. Quand un conducteur télégraphique est traversé par un courant étranger constant, on peut avoir sa résistance sans l'aide d'une pile particulière en opérant de la même manière que pour obtenir la résistance d'une pile.

DESCRIPTION

D'UN

ANÉMOMÈTRE ENREGISTREUR ÉLECTRIQUE

CONSTRUIT POUR LA VILLE DU PUY-EN-VELAY

PAR E. HARDY *.

Cet appareil a été construit pour répondre aux données suivantes :

1° La girouette et l'anémomètre proprement dits seront placés au-dessus du réservoir des eaux de la ville sur un mât de 15 mètres de hauteur. L'anémomètre se trouvera ainsi à 145 mètres au-dessus du musée.

2° L'appareil enregistreur sera placé dans le musée et la bibliothèque, distants du réservoir d'environ 1.200 mètres.

3° La girouette et l'anémomètre ne seront reliés à l'appareil enregistreur que par un seul fil télégraphique.

4° L'enregistrement comprendra sur une même bande de papier sans fin : 1° la direction du vent déterminée par les huit points principaux nord, nord-ouest, ouest, etc.; 2° la vitesse marquée en kilomètres à l'heure.

5° En même temps que cet enregistrement aura lieu,

* Une description moins complète, mais plus élémentaire, du même appareil nous est adressée par M. Gillet, chef de station au Puy. Elle sera publiée dans notre prochaine livraison.

la direction du vent sera marquée sur un cadran placé au-dessus de la porte du musée.

6° La vitesse du vent en kilomètres à l'heure sera de même marquée sur un cadran au-dessus de la même porte.

7° L'enregistrement et l'indication des directions et vitesses aura lieu de 10 minutes en 10 minutes.

8° A la fin de cette période de 10 minutes, toutes les indications des cadrans cesseront et les aiguilles seront ramenées au zéro.

9° Un troisième cadran sera celui d'un grand baromètre anéroïde avec aiguilles à maxima et à minima. Ces deux aiguilles devront faire disparaître leurs indications à midi et à minuit.

Description des appareils.

La girouette a été formée par deux roues à palettes fixées sur un axe horizontal portant une vis sans fin en son milieu. Cette vis engrène dans une couronne de bronze fixe et taillée convenablement.

Les pivots de la vis sans fin sont portés par une pièce métallique mobile, tournant autour de la couronne taillée, qui pour cela porte en son centre un axe d'acier long et fort sur lequel fait centre la pièce métallique mobile. On peut mettre l'axe d'acier parfaitement vertical à l'aide de boulons agissant comme des vis calantes.

Une vis butante repose sur le haut de l'axe d'acier, ce qui donne une grande mobilité à tout ce système. De plus la disposition est telle qu'en versant de l'huile dans un godet supérieur enfermé dans la boîte de la roue des vitesses, cette huile, après avoir lubrifié la vis butante, descend le long de l'axe d'acier, lubrifie la portion de

cet axe qui fait frottement vers le bas, et descend enfin jusqu'aux dents de la couronne de bronze: de sorte que la vis sans fin est toujours en bon état et peut bien fonctionner. Il y a de plus des coussinets graisseurs aux deux pivots de la vis sans fin.

Quatre ressorts de contact isolés sont disposés aux quatre points cardinaux et donnent contact sur une pièce reliée à la terre. Cette pièce est plus grande que l'écartement de deux ressorts consécutifs, de sorte qu'il y a double contact nord et ouest, lorsque le vent a amené cette pièce dans la direction nord-ouest.

Au-dessus de la girouette se trouve placé un moulinet de Robinson (à boules hémisphériques) pour la vitesse du vent. La dimension de cet appareil est telle que chaque tour correspond à 8 mètres de chemin parcouru par le vent. La roue qui engrène dans la vis sans fin a 100 dents, de sorte que pour un tour entier de cette roue, le chemin parcouru par le vent aura été de 800 mètres. Ainsi que nous le verrons plus loin, l'enregistrement de la vitesse n'a lieu que pendant 4 minutes sur 10 que dure chaque période, soit 4/10 du temps. Si donc ce parcours de 800 mètres avait lieu en 4/10 d'heure, cela correspondrait à une vitesse de 2 kilomètres à l'heure. La période de l'enregistrement étant de 10 minutes, ou six fois plus courte, il suffit de mettre 6 goupilles de contact à la roue de 100 dents, pour que la somme des contacts pendant une période donne le chemin parcouru par le vent en une heure, en sachant que chaque contact correspond à 2 kilomètres de vitesse.

Appareils enregistreurs.

Au pied du mât, dans une tour, se trouve une horloge disposée de telle façon que l'une de ses roues fait un tour

en 10 minutes; c'est cette horloge qui règle la marche de tout le sytème. La roue de 10 minutes porte une goupille avec galet qui à chaque tour écarte une pièce mobile pendant quelques secondes et donne en même temps un contact électrique. La pièce mobile porte une roue de même grandeur que la roue des 10 minutes et engrenant avec elle, lorsque la pièce mobile n'est pas écartée de sa position normale. Cette roue mobile fait donc aussi un tour en 10 minutes, et pendant sa marche enroule autour de son axe la corde d'un petit poids. Lorsque la pièce mobile est écartée par le galet, la roue se débraye et le petit poids la fait retourner en arrière jusqu'à la position zéro, où elle est arrêtée par une goupille et une pièce d'arrêt.

Une seconde horloge identique à la première est placée dans l'une des salles du musée; elle fait mouvoir la bande de papier sur laquelle ont lieu tous les pointages, et possède de même une roue faisant un tour en 10 minutes et une deuxième roue pareille engrenant avec elle et portée sur une pièce mobile. Seulement cette pièce mobile n'est pas écartée de la même manière. La pièce mobile porte un contact en fer doux placé en regard d'un électro-aimant déclancheur : il y a de même une goupille d'arrêt et la pièce de butée est armée d'un ressort isolé qui donne un contact électrique avec la goupille de la roue. L'axe de cette roue enroule de même pendant sa marche la corde d'un petit poids.

Les deux bâtis des horloges sont reliés entre eux par la ligne télégraphique. Les deux horloges étant en marche, la roue mobile de l'horloge n° 2 s'arrête sur le ressort de butée, et lorsque la goupille à galet de la roue des 10 minutes de l'horloge n° 1 de la tour vient toucher la pièce mobile pour l'écarter. Le circuit de la pile placée

dans la tour passe par la pièce isolée de la pièce mobile de l'horloge n° 1, par le galet qui l'écarte en ce moment, par le bâti de l'horloge 1, la ligne, le bâti de l'horloge 2, la goupille de la roue mobile de cette horloge, le ressort isolé de butée, l'électro-aimant déclancheur et la terre. Ce circuit étant fermé, l'électro-aimant déclancheur attire l'armature, la roue mobile n° 2 se débraye, et son petit poids la ramène à zéro à peu près en même temps que la roue correspondante n° 1 est elle-même débrayée. Je dis à peu près en même temps, car ce débrayage n'est pas le commencement de la période. Ce commencement a lieu quelques secondes plus tard, lorsque la pièce mobile n° 1 cesse brusquement d'être écartée par le galet; alors, en même temps, cette roue s'embraye et, le circuit étant rompu, l'électro-aimant déclancheur laisse aller son armature et la roue mobile n° 2 s'embraye aussi. D'après ce qui vient d'être dit, on voit que la marche des deux horloges est tout à fait arbitraire; elles pourraient varier beaucoup sans pour cela entraver en quoi que ce soit la marche des appareils, puisque c'est la seule horloge du mât qui commande le tout et ramène le tout à zéro toutes les 10 minutes.

Étant donné le mouvement synchronique de nos deux roues, la solution demandée devient facile. Chaque roue mobile porte un disque dont la circonférence est échancrée sur un parcours de 6/10. Chaque disque porte en outre une pièce de contact assez large. A l'appareil du mât, il y a quatre ressorts isolés reliés aux quatre ressorts des directions de la girouette par quatre fils isolés montant le long du mât. L'écartement de ces ressorts est tel que lorsque la pièce de contact quitte l'un de ces ressorts, elle touche presque aussitôt le suivant.

A l'appareil récepteur, même disposition ; seulement,

ces ressorts sont reliés a des électro-aimants faisant trembleurs, qui peuvent pointer sur la bande de papier et enregistrer de cette façon la direction du vent. La bande de papier est continuellement tirée par l'horloge d'une quantité telle que chaque pointage se trouve à environ 20 millimètres du pointage précédent.

Les deux disques des deux horloges se mettent en marche en même temps, comme nous l'avons vu, de sorte que leurs pièces de contact passent en même temps sur les ressorts n° 1 ou nord, n° 2 ou ouest, n° 3 ou sud, n° 4 ou est. Le courant de la pile n° 2, placée près de l'appareil enregistreur, ne passera dans l'un de ces ressorts et l'électro-aimant qui lui correspond que si le circuit est fermé par le ressort correspondant de la girouette; il y a alors enregistrement de cette direction.

On conçoit que, pour obtenir sûrement ces effets, il faut que la girouette vienne tranquillement prendre la position qu'elle doit occuper; c'est pour cela que l'on a adopté les roues à ailettes qui donnent ce résultat.

En même temps que le courant de la pile 2 passe dans l'électro-aiment trembleur pour enregistrer sur la bande de papier, il passe aussi dans l'un des quatre appareils destinés à marquer la direction sur le cadran extérieur.

Pour cela, le cadran en verre dépoli ne présente que quatre carrés transparents; des plaques portant les lettres N, O, S, E, peuvent venir se présenter en regard des ouvertures. Ces lettres sont portées sur des tiges rigides et légères, mobiles autour d'axes convenablement disposés. Le centre de gravité de ces pièces mobiles est placé de telle manière que les lettres viennent naturellement se présenter en regard des ouvertures transparentes du cadran. Près de chacune de ces plaques, la tige qui la

porte est traversée par une petite armature en fer doux placée en regard de l'un des pôles d'un aimant permanent en acier; un petit électro-aimant droit est fixé sur ce pôle.

Ces organes sont placés de telle manière que si l'on vient à écarter les lettres de la position qu'elles occupent en face des ouvertures du cadran, dès qu'elles auront disparu de ces ouvertures, la petite armature en fer doux de chacune d'elles vient à peu près en contact avec son aimant décrit ci-dessus et y reste adhérente. Le cadran alors ne présente plus d'indication. Mais lorsque le courant de la pile 2 vient enregistrer une direction sur la bande de papier, il passe en même temps dans la bobine de l'un des aimants. Le sens de son passage est tel que les pôles de l'électro-aimant sont en sens inverses de ceux de l'aimant : il y a donc annulation ou affaiblissement de ces pôles et, la petite armature n'étant plus retenue, la lettre vient par son propre poids se présenter à l'ouverture du cadran, indiquant ainsi la direction du vent.

Dès que les directions sont enregistrées, la partie haute des bords des disques, partie qui occupe les 4/10 de leur circonférence, vient rencontrer le ressort de vitesse : à l'horloge du mât, ce ressort est en relation avec le moulinet de Robinson ; à l'horloge du musée, ce ressort est en relation avec l'électro-aimant pointeur pour enregistrer sur la bande de papier et avec l'électro-aimant du cadran des vitesses.

Ce cadran des vitesses est disposé a peu près comme un cadran électrique à secondes ; il y a seulement un petit poids dont la corde s'enroule autour de l'axe de l'aiguille pendant sa marche. Ce petit poids sollicite donc l'aiguille à revenir en arrière et la ramènera à zéro

lorsque nous soulèverons le cliquet de marche et le cliquet de retenue, comme nous le verrons tout à l'heure.

Ainsi, par la disposition précédente, les ressorts de la vitesse sont en relation avec la ligne pendant 4 minutes, de sorte que pendant ce temps chaque contact du ressort du moulinet sera marqué et enregistré, chaque pointage correspondant d'ailleurs à 2 kilomètres à l'heure parcourus par le vent.

Les indications des cadrans de vitesses et de directions restent apparentes pendant toute la fin de la période de 10 minutes; alors il y a un contact qui se produit à l'horloge du musée seulement et qui envoie le courant de la pile n° 2 dans un électro-aimant spécial placé aux cadrans et dont l'armature, pendant son attraction, fait deux fonctions : 1° Elle fait mouvoir une règle horizontale disposée pour être très-mobile; cette règle porte quatre goupilles rencontrant les pièces mobiles N, O, S, E et les ramène au contact des électro-aimants droits des aimants permanents, faisant ainsi disparaître toutes les indications de direction. 2° Dans son mouvement cette armature soulève le cliquet d'avancement et le cliquet de retenue du cadran des vitesses; l'aiguille devenant libre est ramenée au zéro par le petit poids dont nous avons parlé.

Enfin, pour terminer, il y a un baromètre du système de M. Rédier donnant ses indications sur le troisième cadran. L'aiguille de ce baromètre pousse devant elle des aiguilles à maxima et à minima qui sont retenues par des cliquets agissant sur des rochets très-fins; les axes de ces aiguilles portent aussi des petits poids dont les cordes s'enroulent autour des axes pendant la marche de ces aiguilles. A midi et à minuit, le courant d'une petite pile spéciale passe dans un électro-aimant qui

soulève les cliquets de retenue; les deux aiguilles à maxima et à minima, devenant libres, sont ramenées en arrière de leur mouvement par les petits poids jusqu'à ce qu'elles rencontrent la goupille de l'aiguille principale, et alors elles se trouvent entièrement cachées derrière elle.

TRANSMISSION AUTOMATIQUE

PAR L'APPAREIL HUGHES.

SYSTÈME GIRARBON.

La transmission automatique présente certains avantages qui ne sont plus contestés aujourd'hui. Outre la régularité et la netteté des signaux, on peut obtenir par son emploi une augmentation sensible du rendement des fils. On a cherché depuis longtemps à l'appliquer à l'appareil Hughes, et, dès l'année 1861, M. Renoir, chef de station des lignes télégraphiques, avait imaginé à cet effet un procédé ingénieux de composition préalable.

Tous les systèmes proposés sont basés d'ailleurs sur le principe suivant : imprimer d'avance sur une bande de papier une série d'alphabets à la suite les uns des autres, en espaçant régulièrement les lettres à des intervalles égaux à ceux qui séparent les trous de la boîte à goujons. Si avec un emporte-pièce on perce cette bande devant les lettres qu'il s'agit de transmettre, et si on la fait ensuite dérouler sous un contact avec un mouvement de translation égal à la rotation de la lèvre du chariot, de manière à déterminer l'émission d'un courant au passage de chaque trou, il est clair qu'un pareil système pourra remplacer le clavier et le chariot de l'appareil Hughes. Toutes les combinaisons de lettres pouvant être préparées d'avance, on obtieudra ainsi d'une façon constante la vitesse maxima de transmission de l'appareil Hughes.

Le système de M. Girarbon, agent spécial des lignes télégraphiques à Paris, que nous allons faire connaître, présente, entre autres avantages, celui de pouvoir s'adapter très-facilement à l'appareil Hughes actuellement en usage, sans faire corps avec lui, de manière que si, pour un motif quelconque, on veut renoncer momentanément à la transmission automatique, la manipulation au clavier peut être reprise sur-le-champ, sans qu'il soit besoin de changer d'appareil et sans que l'employé ait à se déplacer.

Chaîne automatique. — La base du système est une chaîne métallique de composition (*fig.* 1 et 2).

Cette chaîne a la forme d'une échelle étroite dont les montants sont composés chacun de deux cordons ou lacets parallèles accouplés et dont les échelons sont des anneaux métalliques aplatis EE (*fig.* 2). Dans chaque intervalle compris entre deux anneaux, on peut faire glisser entre les doubles lacets une traverse métallique, portant en son milieu une saillie qui, formant arrêt contre les lacets, l'empêche de la dégager de la chaîne. Toutes les traverses sont d'égale longueur, et, suivant que le renflement du milieu appuie contre l'un ou l'autre des montants de la chaîne, l'extrémité de la traverse fait plus ou moins saillie sur ce montant. Chaque traverse porte une lettre, un chiffre ou un des signaux conventionnels en usage. On peut abouter plusieurs chaînes au moyen de traverses-agrafes spéciales, et l'on obtient ainsi la longueur de chaîne que l'on veut et par conséquent autant de séries d'alphabets et de chiffres qui peuvent être nécessaires. Dans chaque série deux traverses correspondent, l'une au blanc des lettres, l'autre au blanc des chiffres, comme sur le clavier des touches et sur la roue des types de l'appareil Hughes.

Fig. 1.

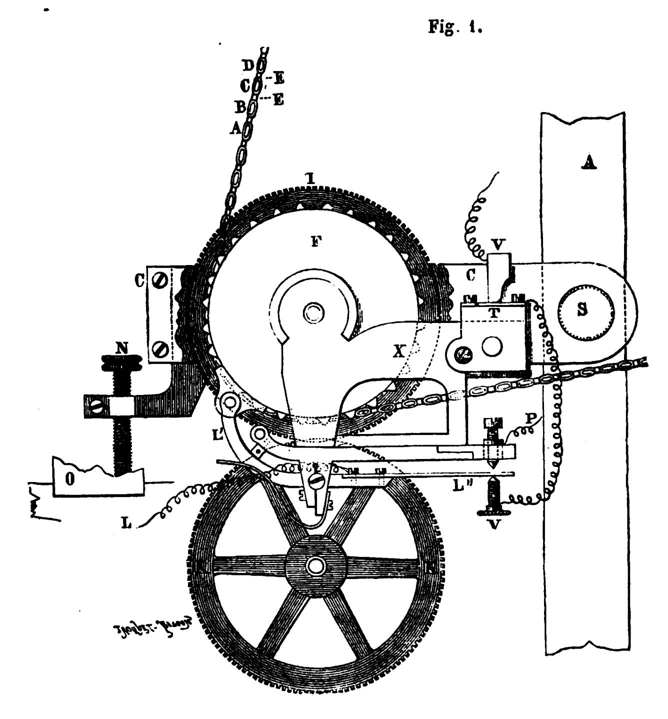


Fig. 2.

Les chaînes ainsi construites sont douées d'une grande souplesse et peuvent s'enrouler comme un véritable ruban métallique.

La composition des dépêches s'effectue au moyen d'un *composteur à cadran.* L'abaissement d'une manivelle dans le cran correspondant à la lettre que l'on veut produire a pour effet de pousser la traverse métallique qui doit dépasser d'un côté de la chaîne; en même temps, grâce à une disposition ingénieuse, ce mouvement de la manivelle décompose une partie de la chaîne qui a servi aux dépêches précédentes, de telle sorte que la composition et la décomposition s'opèrent simultanément.

Les droits de l'inventeur ne sont pas encore suffisamment garantis pour que nous puissions en ce moment nous étendre davantage sur cette partie de son système; ce que l'on peut affirmer dès à présent, c'est que la composition des dépêches est à la fois facile et rapide.

Cylindre entraîneur. — Un bâti A supporte une cage C dans laquelle se meut le cylindre F, destiné à entraîner la chaîne, au moyen de deux rangées de dents qui prennent les traverses par leurs extrémités (*fig.* 1 et 2). Le nombre des intervalles des dents du cylindre est égal au nombre des divisions de la roue des types; il est de 28, y compris le blanc des lettres et le blanc des chiffres. Ces intervalles portent les mêmes signes que ceux de la roue des types. Il est donc facile de disposer la chaîne de manière que les traverses mobiles viennent se placer entre les intervalles du cylindre marquées des mêmes caractères qu'elles.

Le cylindre entraîneur est libre et peut se déplacer parallèlement à son axe. Cet axe porte une roue dentée I (*fig.* 1) dont le nombre de dents est égal à celui de la roue K avec laquelle elle engrène. La roue K est montée

sur l'axe de la roue des types de l'appareil Hughes. On voit en conséquence que si le cylindre F vient adhérer à la roue I, il tournera avec la même vitesse que la roue des types. Le cylindre peut être rendu solidaire de la roue I au moyen d'un embrayage à ressorts et de chevilles de repérage, ou en être séparé quand on le tire en avant au moyen de la poignée X. Dans cette dernière position, il quitte non-seulement la roue I, mais encore l'axe qui le portait pour venir se loger dans un manchon. De cette façon il ne touche plus en aucun point l'axe en mouvement et ne donne lieu à aucun frottement.

La roue I peut aussi être séparée de la roue K par le relèvement de toute la cage C, articulée sur les boutons SS (*fig.* 2). Il suffit pour cela de pousser le patin qui enveloppe la platine postérieure de l'appareil et sur laquelle repose la vis N. Cette vis sert en outre à régler la profondeur de l'engrenure des deux roues (*fig.* 1).

Dans le principe, la chaîne, en s'éloignant du cylindre, était enroulée sur un rouet et était entraînée par un faible mouvement d'horlogerie. M. Girarbon a fait disparaître cette complication ; il n'emploie plus aujourd'hui ni rouet, ni mouvement d'horlogerie : la chaîne, en quittant le cylindre, tombe naturellement dans une boîte en fer-blanc haute et large ; le côté descendant de la chaîne fait équilibre au côté montant. Pour retrouver le commencement de la chaîne ou le commencement de la série des dépêches, on retourne la boîte de fer-blanc sens dessus dessous.

Levier transmetteur. — Sous le cylindre entraîneur est disposé le levier transmetteur L', articulé en son milieu (*fig.* 1). Un des bras est cintré et se termine par une lèvre destinée à prolonger la durée des contacts. L'autre bras du levier est en ivoire ; il porte un ressort de con-

tact L'', auquel aboutit le fil de ligne L, relié au ressort interrupteur de l'appareil qui communique avec l'électro-aimant et la came correctrice (*fig.* 1 et 2).

La chape que porte le levier transmetteur est terminée par une plaque en ivoire dans laquelle est fixé le contact de pile P (*fig.* 1). A l'état de repos, le levier appuie sur la vis de contact V. Cette vis est reliée à un commutateur T, qui a pour but d'isoler la terre au chariot de l'appareil Hughes pour l'établir au système automatique quand on emploie ce dernier, et *vice versa*, pour la rétablir au chariot quand on transmet au clavier, et l'isoler au système automatique.

Sans le commutateur, le courant, dans la transmission automatique, irait à la terre, sans passer pas les bobines de l'appareil : il suivrait le ressort interrupteur, la came correctrice, le massif, la lèvre abaissée du chariot et la terre.

D'après ce qui précède, on comprend l'action de le chaîne de composition : quand elle se déroule, ses traverses soulèvent la lèvre du levier transmetteur L' pour faire communiquer le ressort de contact L'' avec la pile P; il y a autant d'émissions de courant que de traverses poussées, le courant est donc envoyé sur la ligne en passant par le ressort L'', le fil L, le ressort interrupteur de la came et l'électro-aimant de l'appareil, exactement comme si la transmission était produite par le clavier.

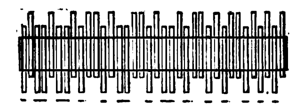
La chaîne peut en effet être comparée à un clavier sans fin dont les goujons transmetteurs, soulevés à l'avance, évitent toute erreur, grâce à un contrôle préalable à la transmission, et utilisent tous les tours de la roue des types.

Pour que le courant soit envoyé sur la ligne avec la chaîne exactement comme avec le clavier, il faut faire

coïncider les émissions de courant produites par les traverses avec celles qui seraient produites par les goujons et le chariot de l'appareil. On arrive facilement à ce résultat : il suffit d'abaisser une touche, la lettre T par exemple, dont le goujon est bien en vue ; puis, quand une traverse T de la chaîne passe sous le levier transmetteur, on regarde, en tournant lentement le volant à la main, si le contact de ce levier commence en même temps que celui du chariot et s'il finit en même temps. En cas d'avance ou de retard, on soulève la cage de la roue I, pour faire retarder ou avancer cette roue d'une ou de plusieurs dents avant de la faire engrener avec la roue K.

Transmission automatique des signaux Morse. — On peut appliquer ce système de transmission à l'appareil Morse ; il suffit de remplacer la lèvre du levier transmetteur par un petit galet. Une traverse poussée produit un point ; deux traverses, un trait ; l'intervalle libre égal à une traverse rentrée produit la séparation des mots. La *fig.* 3 représente la composition du mot « Paris ».

Fig. 3.



Pour la transmission rapide, le levier transmetteur est disposé de manière à décharger la ligne après chaque émission de courant. On obtient ce résultat au moyen d'une lame qui passe sur une communication de terre pendant un temps très-court.

G. Fribourg.

COMPTEUR ÉLECTRIQUE DES VOTES

PAR M. LALOY,
Directeur des transmissions télégraphiques *.

Le compteur des votes est composé de deux appareils identiques, correspondant à chacun des tableaux *Pour* et *Contre*. Chaque appareil comprend un mouvement d'horlogerie et un électro-aimant. Sur la face antérieure, est placé un cadran en émail, dont la circonférence est divisée en autant de parties qu'il doit y avoir de votants. L'aiguille du cadran est mise en mouvement à chaque émission de courant et parcourt à chaque fois une division. Lorsque le vote est terminé, l'aiguille est ramenée à sa position normale, afin que l'appareil soit prêt pour un nouveau scrutin. Il suffit pour cette opération de presser un bouton placé sur la boîte de l'appareil, comme dans les récepteurs télégraphiques à cadran pour le rappel à la croix. Cet appareil est d'une manipulation simple, facile et peu susceptible de dérangement.

Fonctionnement automatique des compteurs. — Lorsque le votant a émis son vote, c'est-à-dire lorsqu'il a appuyé sur l'un des boutons de son manipulateur, un des effets produits est de précipiter une boule dans un entonnoir et de là dans le tube collecteur de chacun des tableaux. Ce tube, fermé à l'une de ses extrémités, est

* On a extrait du projet de M. Laloy les parties seules qui différencient son système de ceux décrits dans les *Annales*, même volume, pages 54 et 194.



garni à l'orifice par où doivent sortir toutes les boules, de deux pièces demi-circulaires en matière isolante, ivoire ou ébonite. Dans chacune des pièces isolantes est enchassée une partie métallique mise en communication, l'une avec le pôle positif d'une pile, l'autre avec le pôle négatif : la partie métallique supérieure est armée de cinq ou six fils de platine formant ressort et plantés en brosse. La plaque inférieure peut être légèrement granulée ou cannelée pour établir un meilleur contact de frottement. Le tube collecteur ayant une inclinaison suffisante, la boule entraînée par son poids arrive à l'orifice de sortie ; étant en métal, elle réunit à son passage les deux pôles de la pile dans le circuit de laquelle se trouve placé le compteur et fait fonctionner l'électro-aimant, qui, agissant sur l'échappement du mouvement d'horlogerie, fait avancer l'aiguille d'une division. Il en est de même à la sortie de chaque boule, quel qu'en soit le nombre.

Cent, six cents votes peuvent être émis simultanément au même tableau sans changer le résultat ; car le tube collecteur destiné a emmagasiner les boules ne les laisse échapper qu'une à une par son unique sortie, et la plaque métallique supérieure armée de ses ressorts en platine donne forcément une émission de courant au passage de chaque boule, émission suivie nécessairement d'une interruption du circuit, à cause de la forme sphérique de la boule.

En effet, si l'on admet que les boules aient un centimètre et demi de diamètre, le frottement sera réglé de manière à agir sur la surface pendant un demi-centimètre ; il restera donc un demi-centimètre à parcourir sur la boule pendant sa sortie, sans contact avec les ressorts et autant sur la boule qui suivra, ce qui sera plus

que suffisant pour établir l'intermittence des contacts et des courants qui en sont la suite, quelque rapide que soit l'écoulement des boules, c'est-à-dire quelle que soit l'inclinaison du tube collecteur.

Chaque contact ayant pour résultat invariable de faire avancer d'une division l'aiguille du compteur, il en résulte que ces appareils sont la représentation automatique fidèle et incontestable de l'opération.

Dispositions accessoires. — Pour indiquer au votant que son vote est parvenu au tableau, que l'appareil a fonctionné et que conséquemment son vote est enregistré, il suffit de modifier la marche du courant et d'établir un galvanomètre dans le circuit près du manipulateur. Le galvanomètre fonctionnera lors de l'émission du vote, mais l'aiguille restera immobile ensuite jusqu'à ce que l'appareil correspondant ait été réarmé. L'opérateur, après son vote, pourra appuyer sur le bouton de son manipulateur, et si l'aiguille reste immobile, il en conclura que son vote est enregistré. En effet, si l'on fait passer le courant dans la tige de l'armature et de là dans la bobine, le circuit se trouve rompu dès que le déclanchement s'est produit : d'où immobilité absolue de l'aiguille, au contact du manipulateur.

Pour rétablir ou plutôt pour réarmer les appareils de chaque votant, on imprimera au moyen d'une manivelle une demi-révolution à un arbre horizontal principal muni d'une came en regard de chaque appareil ; comme il y aura autant d'arbres horizontaux que de rangées de récepteurs et qu'ils seront rendus solidaires du premier au moyen de bielles, le mouvement imprimé sera simultané pour tous. Pour éviter de dépasser la limite nécessaire, il sera placé un diviseur en fer recevant l'arbre à

son centre et muni de deux arrêts limitant d'une manière exacte l'espace à parcourir par la manivelle.

Approvisionnement d'un plus grand nombre de boules pour chaque appareil. — En outre du chéneau placé dans la case de chaque député et qui contient le nombre de billes ou boules nécessaires aux votes d'une séance, on peut, au moyen de cases mobiles adaptées à chaque appareil et percées d'un trou correspondant au chéneau, en préparer un nombre plus considérable, pour une semaine ou une quinzaine si c'était jugé convenable. Les casiers mobiles, légèrement inclinés, seraient garnis de boules qui remplaceraient au fur et à mesure celles qui seraient employées pour les votes.

CHRONIQUE.

Nouvelles diverses.

La télégraphie double sans condensateurs. — Des essais ont été faits dans ces derniers temps et se continuent encore pour substituer, aux effets des condensateurs ou bobines d'induction employés dans le système Stearns, une compensation rigoureuse des courants de charge et décharge de la ligne par des piles et rhéostats convenablement réglés. La possibilité de ce résultat avait été démontrée expérimentalement, il y a quelques mois au moins, pour la transmission Morse, par M. Sieur, employé de l'administration française. L'application à la transmission Hughes présentait des difficultés plus sérieuses; elles paraissent avoir été vaincues; car un appareil Hughes, monté en duplex, à Paris, avec le système de compensation imaginé par M. l'inspecteur général Ailhaud, a parfaitement fonctionné sur des lignes de 250 kilomètres. Nous espérons être en mesure de fournir des détails plus complets sur cette nouvelle invention dans une de nos prochaines livraisons.

Cochinchine. — Saïgon, le 16 août 1875. — Les travaux de construction de la ligne de Pnumpenh à Tayninh ont été suspendus; les pluies torrentielles qui inondent le pays dans cette saison et la crue périodique du Cambodge, qui se fait déjà sentir, interrompent la construction pour environ deux mois. On profite de ce temps d'arrêt forcé pour faire abattre les bois nécessaires à l'établissement d'une nouvelle ligne projetée (environ 60 kilomètres) de Longxuyen à Cantho.

Toute trace de rébellion a disparu parmi les indigènes. Le pays est calme.

L'officier supérieur, faisant fonction de ministre de France à Hué, les inspecteurs des affaires indigènes chargés des con-

sulats français à Hai Phong et Hai Noi (Tonkin) et le sous-inspecteur des douanes, chargé d'organiser ce service près du gouvernement annamite, sont partis le 19 courant, pour se rendre à leurs postes respectifs. On ignore encore la date d'ouverture au commerce européen, des ports tonkinois.

Nouvelle-Calédonie. — A la date du 21 mai, tout le matériel de poste et de ligne était en place à Bouloupari, Bouraké, Ouraï, Bouraï, Gouaro et Canala. Les ateliers marchent sur la Foa, sur Bouraï et sur Canala.

Le bureau de Bouloupari, à 102 kilomètres de Nouméa, a été ouvert le 6 mai à la correspondance officielle et privée. La taxe est de 2 francs.

On construit le local télégraphique de Ouraï, Bouraï et Canala. Un nouveau bureau est demandé à la Dombe'a, à 18 kilomètres de Nouméa. Le bureau de Canala sera ouvert vers le 30 juin.

Amérique du Sud. — La compagnie *India rubber, Gutta-percha, and Telegraph works*, a reçu la nouvelle de la pose et de l'achèvement du câble entre Callao et Islay, dans le Pérou. Cette section, d'une longueur de 460 milles environ, est la première d'une série de câbles, avec stations à Iquique, et Arica, dans le Pérou, Caldera au Chili, qui mettront ces ports, de même que Lima et Valparaiso, en communication télégraphique avec l'Europe, d'abord par les fils qui traversent les Cordillères des Andes et le câble brésilien, puis par le réseau de l'isthme de Panama, lorsque ce réseau sera relié à Callao par un câble.

(*Telegrapher.*)

Chine. — La compagnie du *Great Northern Telegraph* est entrée en arrangement avec le gouvernement chinois, pour la construction de la ligne aérienne de Amoy à Foutchéou, longue de 160 milles. La compagnie reçoit 154.500 dollars pour la construction, et une somme annuelle de 30.000 dollars pour l'entretien de la ligne.

(*Engineering.*)

La Télégraphie dans l'Empire russe *.

Nous trouvons dans le *Journal of the Society of arts*, du 24 septembre dernier, les renseignements statistiques suivants sur les télégraphes de la Russie.

Les lignes télégraphiques de l'Empire russe se divisent en quatre classes, savoir : les lignes d'État, celles qui sont exploitées par les compagnies de chemins de fer, les lignes anglo-indiennes et les lignes exploitées par des particuliers.

Au 1er janvier 1873, l'étendue du réseau d'État était de 53.448 verstes, avec 103.330 verstes de fils et 649 stations. A la fin de la même année l'étendue de ces lignes avait augmenté de 2.196 verstes, celle des fils de 2.261 et le nombre des stations de 30.

Le système exploité par les compagnies de chemins de fer avait, au commencement de la même année, une étendue de 10.738 verstes, avec 24.606 verstes de fils et 681 stations. Dans le cours de l'année, la longueur de ces lignes a augmenté de 2.225 verstes ; l'accroissement des fils a été de 4.464 verstes et celui des stations de 112.

Au 1er janvier 1874, les lignes anglo-indiennes avaient une étendue de 3.407 verstes, avec 7.083 verstes de fils et 53 stations. Les lignes exploitées par des particuliers avaient à la même époque une étendue de 324 verstes avec 20 stations.

Ces chiffres réunis donnent, pour le système télégraphique de la Russie :

72.348 verstes pour l'étendue des lignes.
143.069 verstes pour celle des fils.
1.556 stations.

A ce chiffre de 1.556 stations, il faut ajouter 127 bureaux de poste qui envoient des dépêches.

Les pays avec lesquels la Russie échange le plus grand nombre de télégrammes sont, par ordre : l'Allemagne, l'Angleterre, l'Autriche-Hongrie et la France.

En 1873, les recettes des lignes télégraphiques ont été de

* Voir le numéro de septembre-octobre 1874, p. 260.

4.630.029 roubles. Ce chiffre excède de 10,6 p. 100 celui de l'année précédente, qui n'avait été que de 4.181.289 roubles. Les dépenses ayant été de 3.613.820 roubles dans l'année, la balance fait ressortir un bénéfice de 1.026.209 roubles, dont 448.220 ont été employés à l'établissement de lignes nouvelles.

(*Journal officiel* du 12 octobre 1875.)

Le Câble direct des États-Unis.

La pose du câble direct des États-Unis est enfin achevée, la compagnie a ouvert son service entre l'Angleterre et l'Amérique, le 15 septembre. Les résultats de la concurrence que la nouvelle compagnie fait à celle de l'*Anglo-American Telegraph* ne se sont pas fait attendre. La compagnie du *Direct United States Cable* avait d'abord publié un tarif qui fixait à 1 sh. 6 d. (1f,90) le jour et à 1 sh. (1f,25) la nuit, la taxe par mot pour le Canada, et à 2 sh. (2f,50) le jour et à 1 sh. 2 d. (1f,45) la nuit, celle pour New-York et pour la zone comprenant la Nouvelle-Angleterre et la Pensylvanie, les autres taxes étant combinées d'après la même base. La compagnie Américaine s'est empressée alors de réduire son tarif de 2 sh. (2f,50) à la taxe uniforme de 1 sh. (1f,25) par mot, exemple qui a été suivi aussitôt par la compagnie concurrente.

Mais cet abaissement de taxe n'a pas été de longue durée; car à la date du 4 octobre, la compagnie américaine a de nouveau élevé son tarif, non pas à 2 sh., mais à 4 sh. (5f,00). Une nouvelle interruption du câble direct des États-Unis aurait motivé cette surélévation intempestive.

Nous avons tenu nos lecteurs au courant des nombreuses péripéties de la pose du câble direct; ils liront sans doute avec intérêt le récit historique suivant, emprunté au *Telegrapher:*

« Le 16 mai 1874, le steamer *Faraday* quitte les eaux de la Tamise, et se rend aux États-Unis pour filer la section du câble reliant le New-Hampshire et la Nouvelle-Écosse. Cette opération n'est terminée que le 15 juillet, à cause des brumes. Le *Faraday* immerge ensuite le grand câble depuis la Nouvelle-

Écosse jusqu'à un point de la côte de Terre-Neuve et le 26 juillet, fixe le câble à une bouée placée dans la baie de la Conception (Terre-Neuve): puis il retourne en Angleterre prendre à bord le reste du câble.

« Le 30 août le *Dacia* pose, dans la baie de Ballingskellig (Irlande), l'atterrissement du côté de l'Irlande du grand câble, et le 2 septembre 1874 le *Faraday* fait l'épissure de cet atterrissement avec le câble de grand fond, et commence l'immersion de ce dernier en se dirigeant sur Terre-Neuve. Le 4 septembre un défaut se manifeste, le câble est relevé, mais se rompt dans cette opération. Le câble est repêché le 6, et l'on continue la pose jusqu'au 10, date à laquelle on découvre un second défaut: une seconde rupture survient encore pendant le relèvement. Après bien des tentatives pour grappiner le câble, tentatives que le gros temps rend infructueuses, les navires rallient, le 2 octobre, le port de Queenstown, pour se ravitailler et faire du charbon ; ils reprennent la mer le 23 du même mois.

« Le câble est saisi et relevé le 2 novembre, l'épissure faite, et l'on recommence à le filer dans la direction de Terre-Neuve. Le 8 novembre, apparition d'un nouveau défaut ; on coupe le câble pour le fixer à une bouée ; mais la mer est trop grosse et les navires sont obligés de se réfugier à Terre-Neuve. Le 16 novembre, ils reprennent les opérations de dragage : deux fois le câble est repêché et abandonné à cause du mauvais temps. Le 24, on parvient à le relever sur une longueur de 8 milles et le défaut se trouve dans la partie relevée ; mais la persistance du mauvais temps oblige à laisser une bouée sur le bout; repris encore une fois le 25 novembre, le câble se brise au moment où il arrive à la surface de l'eau.

« Après plusieurs tentatives de dragage, que l'état du temps rend infructeuses, les navires rentrent, le 7, à Saint-Jean de Terre-Neuve pour faire du charbon, et repartent le 15. Le *Faraday* se rend à la bouée laissée, le 26 juillet, à l'extrémité de la section entre la Nouvelle-Écosse et Terre-Neuve, fait l'épissure, pose le gros câble, puis le câble moyen vers l'Irlande et reprend le dragage, sur l'autre bout, le 19 décembre. Les gros temps sont tels que les navires, après avoir vainement persisté dans leur tâche, jusqu'au 9 janvier 1875,

doivent retourner en Angleterre pour se réparer et se ravitailler.

« Le 5 avril, le *Faraday* retourne à son poste et reprend sa tâche si hérissée de difficultés; le 9 juin, on annonce que la pose est achevée et que des dépêches ont été échangées entre New-York et Londres. Aux termes du contrat, les entrepreneurs avaient un délai de trente jours, à dater de l'achèvement de la pose, pour l'essai du câble avant sa livraison à la compagnie. Dans cet intervalle, les essais révèlent un défaut dans la grande section, entre Terre-Neuve et l'Irlande, à 250 milles de Terre-Neuve; le *Faraday* va chercher, en Angleterre, un nouvel approvisionnement de ce conducteur; il repart de Londres le 12 août et arrive sur les lieux le 22. Le 29 août, le bout du câble vers l'Est est retrouvé par 2.500 brasses de fond, la partie défectueuse est enlevée et le câble fixé à une bouée. Le 2 septembre, le bout du càble vers l'Ouest est repêché par 1.800 brasses de fond, et également fixé à une bouée.

« Enfin, le dimanche 5 septembre, à 7 heures du matin, les deux bouts du câble sont réunis, l'épissure faite et le câble complété.

« Le câble serait dans d'excellentes conditions d'isolement et l'on aurait obtenu, entre la baie de Ballingskellig (Irlande) et Tor-Bay (Nouvelle-Écosse), une vitesse de quinze mots par minute. Le 8 septembre, Sir William Thomson télégraphiait ce qui suit au professeur Peirce de Washington: « Par le câble direct des États-Unis, aujourd'hui heureusement complété, je vous adresse mes félicitations à l'occasion de ce lien de plus entre le Nouveau et l'Ancien monde, et j'exprime l'espoir qu'il nous sera de quelque utilité pour la communication des résultats scientifiques. »

« Cette pose porte à *cinq* le nombre des câbles qui relient actuellement le continent Nord de l'Amérique à l'Europe. Ce sont les suivants :

1866.	**Irlande à Terre-Neuve.**	**1.896** milles
1869.	**Brest à Duxbury (Massachusetts), via Saint-Pierre.**	**3.330** —
1873.	**Valentia à Terre-Neuve.**	**1.900** —
1874.	**Valentia à Terre-Neuve.**	**1.900** —
1875.	**Câble direct.**	**3.060** —

« Le nouveau câble est posé de l'Irlande à la Nouvelle-Écosse, et de là à Rye-Beach, dans le New-Hampshire. Les bruits d'arrangement et de fusion avec les compagnies *Anglo-American* et *Western Union* sont dénués de fondement. Les clauses de l'acte de société de la compagnie du câble direct veillent à ce qu'il n'y ait ni fusion, ni arrangement pour la division de l'exploitation ou des bénéfices avec des compagnies existantes ou des lignes de télégraphie transatlantiques. Ces articles comportent une obligation aussi stricte qu'un acte du Parlement, et un acte du Parlement seul peut ou les modifier, ou les altérer. Ceci n'exclut pas une entente sur la taxe, pour la transmission des dépêches par les différentes lignes, mais nulle entente de cette sorte n'a été faite et la concurrence entre les deux compagnies promet d'être réelle. »

(Voir le *Telegrapher* des 19 juin et 11 septembre.)

Le *World*, de New-York, du 28 septembre, annonce qu'à peine le câble direct commençait-il à fonctionner qu'un accident lui est arrivé : les ingénieurs ont constaté que la rupture s'était faite entre la Nouvelle-Écosse et Terre-Neuve, et pensent qu'elle sera promptement réparée.

(*Journal officiel* du 12 octobre.)

D'autre part, le *Telegrapher* du 2 octobre annonce que la rupture a été localisée près de l'entrée de la baie de Placentia, à 50 milles de Cape-Race, dans un bas-fond où les navires mouillent souvent. La rupture ayant eu lieu 22 jours seulement après l'achèvement du câble, et le délai de garantie étant de 30, les frais de réparation incombent aux entrepreneurs. La section où s'est produite la rupture était posée depuis 15 mois et avait bien fonctionné jusque-là. La réparation sera facile, mais le *Faraday* étant déjà reparti, il faut attendre l'arrivée d'un navire de Londres.

La durée des câbles transatlantiques.

(*Engineering* du 4 septembre 1874.)

La détermination de la durée probable d'un câble transatlantique est un sujet digne de l'attention des ingénieurs, spéculateurs et capitalistes. L'opinion personnelle de Robert Stephenson, au début de la télégraphie sous-marine, était que chaque compagnie en possession d'un câble devait être en mesure de le renouveler au bout de *huit* ans.

Plusieurs câbles cependant ont dépassé cette limite. Le câble de la Corse à la Spezzia, posé en 1854, fonctionna parfaitement pendant douze ans, puis fit défaut; il n'a jamais été réparé ni relevé.

Le câble de Calais à Douvres a souvent été réparé et reposé. Celui du golfe Persique, posé en 1864, a été réparé dans les endroits où il touchait des fonds rocailleux, mais il fonctionne très-bien. Le câble d'Alexandrie à Malte, posé en 1868, n'a jamais été interrompu depuis bientôt six ans. On pourrait faire une énumération des câbles plus courts qui ont duré de dix à quinze ans. Le câble transatlantique de 1865 est rompu depuis le 11 mars 1873, et le *Great Eastern* a vainement essayé de le réparer l'automne dernier. Il est probable qu'il n'a jamais été saisi à l'endroit du défaut, et que l'on n'a jamais passé sur sa ligne de pose; sinon il faudrait supposer que le câble est enseveli trop profondément pour que les grappins puissent l'atteindre, ou bien qu'il est en si mauvais état que, lorsqu'il est croché, il se rompt avant même qu'on puisse s'apercevoir que le grappin l'a saisi.

Aucune tentative n'a été faite cette année-ci pour la réparation de ce câble. Les directeurs de la compagnie anglo-américaine disent dans leur rapport « que l'administration a reconnu qu'il ne serait pas avantageux de tenter une nouvelle réparation avant l'année prochaine; elle espère alors pouvoir organiser une expédition avec le personnel le plus capable et le navire le mieux approprié, ce qui n'est pas possible en ce moment ». Cette assertion a lieu de nous surprendre. Un navire de 2.000 tonnes suffirait à la tâche si le câble est réparable, et l'on eût pu, durant l'hiver, construire et monter la

machinerie et l'outillage, en admettant qu'on n'eût pas trouvé immédiatement un navire prêt à partir. Cependant le *Dacia*, de 1.800 tonnes et parfaitement approprié, est resté sans destination en rivière pendant tout l'été; il avait ses bouées, ses grappins, ses cordages, etc. Il avait réparé le câble de la mer des Caraïbes (Antilles), aussi profonde que l'Atlantique.

Quant au personnel, la compagnie avait à sa disposition les ingénieurs et les marins les plus éminents. Si, par le navire le mieux approprié on veut parler du *Great Eastern*, on peut répondre que son emploi est extrêmement coûteux pour une réparation de câble. La tentative avortée de l'année dernière a coûté 70.000 £.

Il est à regretter dans tous les cas que la compagnie n'ait pu trouver ni vaisseau ni personnel à sa convenance pour tenter cet été, qui, par parenthèse, s'est trouvé si favorable, la réparation de son câble. Comme les câbles transatlantiques se détériorent avec le temps, loin de s'améliorer, il y a lieu de croire que l'année prochaine le câble en question sera encore plus mauvais que cette année-ci.

Si, l'année prochaine, ce câble peut être saisi convenablement, manipulé avec précaution, et que, malgré tous les soins on ne puisse le relever, vu son état de détérioration, la durée d'un câble transatlantique de ce type sera fixée entre huit et dix années. Voilà qui est bien rapproché de l'estimation de Robert Stephenson; les actionnaires doivent y prendre garde et se demander s'ils sont en mesure de renouveler leurs câbles tous les dix ans, en conservant un dividende; dans le cas contraire, il faut évidemment adopter un type différent.

Le câble a été relevé l'année dernière, non loin de Terre-Neuve, par 1.000 brasses de profondeur; on en a coupé un morceau, et l'on a mesuré sur cet échantillon la résistance actuelle du câble à la rupture. Celle-ci n'avait diminué que de 30 p. 100 depuis la pose. Ce fait, si encourageant qu'il soit, n'est cependant nullement concluant pour la vitalité du câble. La nature du fond sur lequel repose le câble a un effet matériel sur son enveloppe externe. Des portions d'un câble posé en 1860 entre la France et l'Algérie, et repêchées en 1870 à Minorque, par 400 brasses de fond, ont été trouvées complètement détériorées : le revêtement extérieur de ce dernier câble,

en fils d'acier et chanvre, était semblable au revêtement du câble transatlantique. Le fond en cet endroit était uni et vaseux.

Quant à la nature et à la cause des deux défauts (car il y en avait deux) dans le câble transatlantique de 1865, le premier défaut était reconnaissable : l'isolement ayant cessé tout à coup, c'était une rupture complète, mécanique; mais là s'arrètent nos bases d'appréciation.

On a peu d'exemples de câbles qui convenablement immergés, en mer profonde depuis des années, aient pu ensuite être réparés après leur détérioration. Le câble de Gibraltar à Falmouth, posé en 1870, a été retrouvé éraillé par 1.000 brasses de fond. Le câble direct d'Espagne fit défaut subitement dans la baie de Biscaye : il était enterré sur une longueur d'un mille à une profondeur de 1.300 brasses, comme s'il avait subi le contre-coup d'une action volcanique; la nature du fond était une marne bleuâtre.

Si dans une partie de l'Atlantique traversée par des câbles se trouvait un fond d'une nature semblable à celle du fond sur lequel fut repêché le câble algérien de 1860, la détérioration du câble serait telle, que la rupture serait possible. Il n'est pas improbable que des actions volcaniques ou des mouvements du sol, comme dans la baie de Biscaye et dans le golfe Persique, puissent se produire sur certaines étendues du parcours atlantique.

Vient ensuite la question du taret : les câbles méditerranéens ont été attaqués par ces animalcules à de grandes profondeurs, et si quelques-uns de ces câbles n'étaient point percés fortement, c'est que leur immersion était encore trop récente. Dans une eau peu profonde, on a trouvé des câbles dont la gutta-percha était traversée de part en part, ce qui détruisait absolument l'isolement.

Une section de câble posée dans le port de Kurrachee a eu sa gutta-percha traversée jusqu'au cuivre : le taret avait pénétré par les interstices laissés entre les fils de l'armature extérieure. Plus récemment les câbles du canal de Saint-Georges furent ainsi attaqués : deux conducteurs du câble de Dublin à Holyhead, posé en 1871, furent en conséquence endommagés et mis hors d'usage. Les fils du revêtement ex-

terne du câble étaient entourés de jute, et, les fils de fer ne se touchant pas, le taret passa dans l'intervalle. Le modèle du câble transatlantique est encore plus exposé à ce danger; les fils d'acier extérieur sont revêtus chacun de chanvre de manille, et séparés les uns des autres par un intervalle supérieur à leur diamètre. Jusqu'ici nous n'avons pas d'exemple de câble transatlantique ainsi attaqué par le taret; mais, si le cas venait à se présenter, il faudrait changer le type adopté pour les câbles transatlantiques. Le type en usage dans les principales lignes méditerranéennes et la ligne directe d'Espagne, et dans lequel les fils d'acier se touchent, serait certainement préférable sur tous les points où ce danger est à redouter.

Si pareille menace se réalisait pour l'Atlantique, il serait même douteux que l'isolement de ces importantes lignes fût garanti par la certitude du contact entre les fils extérieurs.

Dans le câble de Wexford (Irlande), dont l'armature était composée de fils de fer considérés comme parfaitement en contact, le taret a su trouver des interstices, s'y insinuer, traverser la gutta-percha et détruire l'isolement. Il est évident que, dans de pareils cas, il faut une protection plus efficace que celle des fils de fer. Depuis quatre ans environ, M. F. C. Webb a imaginé d'employer une armature mince d'acier pour protéger l'isolement du fil, mais son invention n'a jamais été appliquée. Il faudra en venir à l'adoption d'un revêtement analogue, si l'on veut opposer au taret un obstacle infranchissable.

Électro-aimant de M. Deleuil.

M. Deleuil a construit un électro-aimant, de forme particulière, pour extraire les parcelles de fer qui sont disséminées dans des poussières ou suspendues dans des liquides, et en particulier pour enlever des pâtes de porcelaine les parcelles d'oxyde magnétique qu'elles renferment.

Voulant soustraire la bobine à l'action du liquide, il imagina de la placer dans l'intérieur d'une enveloppe de fer doux et remarqua qu'il n'y avait aucune aimantation.

La non-aimantation d'une enveloppe de fer doux, sous l'in-

fluence d'une bobine intérieure, est une conséquence connue de la théorie d'Ampère : l'armature de fer doux s'aimante, en réalité, mais elle devient un aimant égal et de signe contraire à la bobine, de sorte que l'action de l'ensemble sur un point extérieur est nulle.

M. Deleuil a alors modifié son électro-aimant comme il suit:

Cet électro-aimant devant toujours rester plongé au milieu des pâtes, il fallait nécessairement garantir l'électro-aimant pour que le liquide ne pénétrât pas dans les spires du fil de la bobine; j'ai donc construit cet électro-aimant avec l'âme, les deux extrémités et l'armature extérieure en fer, mais ne recouvrant l'hélice que sur une partie. Les extrémités de l'armature extérieure sont séparées par une bague en laiton, représentant le tiers de la longueur. Les pôles sont donc circulairement en regard l'un de l'autre; les spires de l'hélice sont parfaitement garanties; lors du passage du courant, on obtient, comme effet, une masse magnétique qui, plongée dans de la limaille de fer, se recouvre de tous côtés d'une chevelure très-épaisse et très-adhérente. Tant qu'a lieu le passage du courant, cette pièce, plongée dans les pâtes, retient avec une grande facilité tout l'oxyde magnétique qui peut être entraîné lors de l'écoulement du liquide.

(*Société de Physique.*)

Rhéotome liquide à direction constante.

Par M. E. Ducretet.

Lorsque l'on place dans le circuit d'un courant électrique un récipient ou voltamètre contenant un liquide conducteur et deux lames métalliques, l'une d'aluminium A, l'autre de platine P, on constate :

1[er] *cas.* — Lorsque la lame P reçoit l'électrode positive d'une pile, et la lame A l'électrode négative, l'eau est décomposée; l'hydrogène se porte sur la lame négative A, l'oxygène sur la lame positive P, et le courant électrique de la pile traverse librement l'espace liquide qui sépare les deux lames métalliques.

2ᵉ *cas*. — Si l'on renverse le sens du courant, de telle sorte que l'électrode positive arrive en A et l'électrode négative en P, l'eau n'est plus décomposée, et le courant électrique ne passe plus que très-faiblement à travers l'espace liquide qui sépare les deux lames métalliques.

Dans le premier cas, une sonnerie électrique, placée dans le circuit, marchera très-violemment, et ne bougera pas dans le second cas. En remplaçant la sonnerie par un fil de fer, il sera fondu dans le premier cas et ne sera pas même chauffé dans le second cas; le fil de fer étant tenu entre les doigts, on ne sent aucune chaleur. Un galvanomètre accusera, dans le premier cas, une déviation de 22 degrés, et ne donnera que 2 degrés dans le second cas.

Cette résistance considérable au passage du courant électrique se produit instantanément; elle est constante et durable, quel que soit le nombre d'inversions du courant de la pile à travers ce voltamètre, que je nomme rhéotome liquide à direction constante.

Il est préférable d'employer le platine : d'autres métaux, en s'oxydant, recouvrent la lame d'aluminium et nuisent à l'expérience. Cette résistance au passage du courant de la pile ne se produit pas en substituant à la lame d'aluminium une lame d'or, d'argent, de platine, de cuivre, de zinc, de magnésium, d'étain, de plomb, etc. Elle tend à se produire avec une lame de fer, mais l'effet n'a pas lieu tout de suite, et pas complétement; de plus, la surface du fer est modifiée, altérée et dégage une mauvaise odeur : elle abandonne au liquide acide du sulfate de fer.

Quant à l'aluminium, sa surface ne paraît pas s'altérer; elle est préservée par une légère couche d'alumine, sous laquelle on retrouve le poli de la plaque. Cette couche d'alumine se produit immédiatement et persiste, malgré l'inversion du courant de la pile.

Cette nouvelle propriété de l'aluminium électrisé positivement est susceptible d'applications que la pratique pourra sanctionner. Voici une application intéressante que je signale : Tout appareil placé dans ce circuit ne fonctionne que si le sens du courant est convenable. Ce rhéotome sera donc, dans ce cas, un appareil de sûreté, s'il y avait importance à n'en-

voyer le courant que dans un sens déterminé. En accouplant deux rhéotomes liquides par les lames de nom contraire, ils permettront de produire des effets différents sur un même appareil électrique (tel qu'un télégraphe imprimeur) et, dans ce cas, avec un seul fil de ligne (retour par la terre). Cette application sera la même pour tout appareil télégraphique direct ou à relais. Il permettra la transmission simultanée dans deux directions opposées, avec un seul fil de ligne, et cela sans aviser le poste intermédiaire, qui habituellement doit changer la direction. L'emploi de ce rhéotome à la télégraphie ne nécessitera aucune modification aux appareils employés.

M. Gaston Planté, à propos de cette communication de M. Ducretet, a adressé la lettre suivante au président de la Société de physique :

« A l'occasion des intéressantes expériences présentées dernièrement par M. Ducretet à la Société française de physique, permettez-moi de rappeler que j'ai observé, en 1859, le phénomène de l'arrêt d'un courant électrique par un voltamètre à électrodes d'aluminium, et que je l'ai signalé dans un travail sur la polarisation voltaïque, comprenant l'étude des nombreux phénomènes produits par les divers métaux dans les voltamètres.

« Les conclusions de ce travail ont été présentées à l'Académie des sciences le 19 septembre 1859, et le mémoire complet a été remis le 7 novembre de cette même année.

« On peut lire dans les *Comptes rendus* de 1859, t. XLIX, pages 402 et 403, le passage suivant :

« Les effets de diminution que l'interposition d'un voltamètre à fils de même métal et à eau acidulée fait subir à un courant électrique ne proviennent pas seulement de la résistance nouvelle à franchir et du courant secondaire inverse qui peut prendre naissance, mais ils sont produits aussi et souvent en plus grande partie par la mauvaise conductibilité de l'oxyde formé. . . . .

. . . .

« L'intensité du courant principal dépend encore du degré de solubilité de l'oxyde formé. Si l'oxyde se dissout aisément dans l'eau acidulée, le courant qui avait diminué au moment

de sa formation reprend aussitôt que la dissolution commence.

« Si l'oxyde est insoluble et mauvais conducteur, le courant est presque entièrement arrêté : c'est ce que l'on observe très-nettement avec l'aluminium dans l'eau acidulée. »

« Mon mémoire complet sur la polarisation voltaïque n'a été inséré *in extenso* dans aucun recueil; mais il peut être consulté dans les archives de l'Académie, et l'on y trouve le passage suivant :

§ V. *Fils d'aluminium.*

« L'aluminium montre d'une manière évidente l'affaiblissement qui peut résulter pour le courant principal de l'insolubilité de l'oxyde formé dans les voltamètres.

« Deux couples donnent avec ce métal une forte déviation; mais elle s'anéantit très-vite, et il ne passe plus qu'un courant très-faible. On peut prouver que cette diminution est bien due à la mauvaise conductibilité, et à l'insolubilité de l'oxyde.

« On constate d'abord que, lorsque le courant est très-affaibli, si on l'interrompt, puis qu'on le rétablisse, il ne regagne point son intensité primitive.

« Cela étant, si l'on remplace le fil positif par un fil neuf ou fraîchement décapé, on observe une très-forte déviation qui s'annule à son tour.

« Le changement du fil négatif ne produit qu'une augmentation à peine sensible. Le fil positif, enlevé et examiné une fois que la diminution du courant a été produite, n'a point changé de couleur ni d'aspect, quoiqu'il soit évidemment oxydé.

« Lavé, essuyé fortement et remis dans le voltamètre, il ne permet pas plus facilement le passage du courant; il faut le décaper au papier de verre pour observer de nouveau une forte déviation momentanée.

« Le courant secondaire est extrêmement faible avec ce métal, en sorte qu'on ne peut pas y voir la source de la forte diminution du courant principal.

« La bibliothèque universelle de Genève contient aussi une analyse du même travail que l'on peut consulter : tome VIII, nouvelle période, 1860, pages 292 et suivantes.



« Ces citations n'enlèvent point à M. Ducretet le mérite des applications qu'il a eu l'heureuse idée de faire du phénomène en question. Je me borne à vous les adresser pour l'intérêt que peut présenter la date de ces observations. »

(*Journal de Physique.*)

Le Diagomètre de M. Palmieri.

M. Rousseau a imaginé depuis longtemps, sous le nom de *diagomètre*, un petit appareil destiné à apprécier les différents degrés de sophistication de divers corps, et en particulier des huiles. Cet appareil est fondé sur les inégalités de résistance que ces corps, conducteurs médiocres, offrent au passage de l'électricité. On place l'huile dans une coupe métallique mise en communication avec l'un des pôles d'une pile sèche, dont l'autre pôle est relié à la boule fixe d'un électroscope; puis on met la surface de l'huile en communication avec la terre, à l'aide d'une petite boule de cuivre placée au centre de la coupe, et l'on note le temps nécessaire pour que l'électroscope dévie d'une quantité déterminée. On reconnaît ainsi que l'huile pure d'olive conduit très-mal : sous une très-petite épaisseur, il lui faut 40 minutes pour obtenir la déviation maximum de l'aiguille, alors qu'il suffit de 27 secondes à l'huile de pavot. Un centième d'huile étrangère mêlée à de l'huile d'olive, réduit au quart le temps nécessaire à la déviation; au lieu de 40 minutes, ce n'est plus que 10. M. Rousseau a fait également une application du diagomètre à quelques autres produits commerciaux et pharmaceutiques; il a observé des anomalies qui mettent sur la voie pour signaler leur sophistication (Becquerel, *Traité d'électricité et de magnétisme*, 1855, t. I, p. 49).

Le *Telegraphic Journal* donne, d'après *The Nature*, les indications suivantes sur le diagomètre de M. Palmieri :

« Le professeur Palmieri a découvert un nouvel instrument, qu'il appelle un *diagomètre* et qui est destiné à l'essai rapide des huiles et des tissus, au moyen de l'électricité. Le professeur Palmieri détaille, comme il suit, les données de l'appareil :

« 1° Il fait reconnaître la qualité de l'huile d'olive; 2° il permet de distinguer l'huile d'olive de l'huile de graine; 3° il indique si l'huile d'olive, bien que de la meilleure apparence, n'est pas mélangée d'huile de graine; 4° il permet d'apprécier la qualité des huiles de graine; 5° finalement, il indique la présence du coton dans les tissus de soie ou de laine.

« La chambre des Arts et du Commerce de Naples a complimenté le professeur sur son invention, et a fait publier la description de l'iustrument avec des instructions pour son usage. »

Notes d'un électricien.

Nous reproduisons, sous ce titre, quelques renseignements et règles très-pratiques que le *Telegraphic Journal* offre à ses lecteurs, sous une forme nette et concise :

Lorsqu'un câble est parfait, les essais avec les courants positif et négatif donnent le même résultat; s'il y a un défaut, les résultats sont différents.

M. C. F. Varley a établi, dès 1856, qu'il était préférable d'employer des courants zinc pour expérimenter une ligne à la terre. Les courants cuivre décomposent l'eau dans les pertes, et celles-ci semblent disparaître par l'oxydation du conducteur. Le courant zinc remédie à cet inconvénient.

Un mélange entre deux fils, dû à l'existence d'une mauvaise terre dans une station extrême, se reconnaît facilement par l'examen de la direction des courants. Si, dans chaque station, tous les courants ont la même direction, c'est une mauvaise terre; s'ils ont des directions différentes, le mélange est sur la ligne.

Nécrologie.

Sir Charles Wheatstone.

Une triste nouvelle nous parvient au dernier moment : sir Charles Wheatstone est décédé à Paris le mardi 19 octobre 1875. Pour la science et pour la télégraphie en particulier, à la naissance et aux progrès de laquelle il contribua pour une si grande part, c'est une perte irréparable.

Le *Journal officiel* donne les détails suivants sur les obsèques faites à Paris à l'illustre physicien :

« Un service religieux réunissait, le 21 octobre, autour du cercueil de sir Charles Wheatstone, au temple de la rue d'Aguesseau, les membres de l'Académie des sciences à laquelle il appartenait au titre le plus élevé, celui d'associé étranger, les professeurs de la Faculté des sciences et de l'École normale, le directeur et les principaux fonctionnaires de l'administration des lignes télégraphiques : le ministère de l'instruction publique, la Faculté de médecine, l'École polytechnique, l'École des mines, l'École des ponts et chaussées, l'École centrale des arts et manufactures et la Société d'encouragement pour l'industrie nationale s'étaient faits également représenter.

« S. Exc. lord Lyons, ambassadeur d'Angleterre, assistait en personne à la cérémonie.

« Nous reproduisons les paroles qui ont été prononcées par M. Dumas, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences :

« Messieurs,

« Il y a quelques jours, sir Charles Wheatstone, de passage à Paris, assistait à la séance de l'Académie des sciences à laquelle il appartenait au titre le plus élevé, celui de l'un de ses huit associés étrangers.

« La compagnie apprenait bientôt, avec la plus vive sollicitude, qu'un mal grave et soudain menaçait les jours du savant illustre qu'elle était accoutumée depuis plus d'un demi-siècle à considérer comme l'un de ses collaborateurs les plus pénétrants.

« Sir Charles Wheatstone s'éteignait mardi, à deux heures,

au milieu de sa famille en pleurs, accourue pour l'assister à ses derniers moments.

« L'Académie des sciences tout entière a voulu témoigner, par sa présence à ces prières d'adieu, combien est grand son deuil. L'Angleterre, émue de la nouvelle perte qu'elle éprouve parmi les illustrations de la science dont elle aime à s'honorer, rendra un hommage plus solennel que le nôtre à la mémoire de sir Charles Wheatstone; elle n'apportera pas dans ce témoignage de sa douleur et de ses regrets un sentiment plus profond que celui qui anime, en ce moment et en ce pays, les amis affligés de notre éminent confrère et les admirateurs attristés de son génie.

« La circonstance et le lieu ne permettent pas de signaler tous les travaux qui ont illustré la vie laborieuse de sir Charles Wheatstone et d'en montrer l'enchaînement, les résultats prochains et les conséquences éloignées. Comment se rappeler sans émotion cependant les heures si douces passées dans son intimité au milieu de ce laboratoire rempli de tant de merveilles, fruit du travail de ses mains et des inspirations de son génie? Il n'est pas de questions délicates se rattachant à l'acoustique, à l'optique et surtout à l'électricité qu'il n'ait abordées et sur lesquelles il n'ait répandu de vives clartés. Il en est plusieurs qui l'ont conduit à des découvertes de la plus haute valeur pour la science pure ou d'un caractère pratique propre à les rendre populaires.

« Lorsqu'on examine au stéréoscope ces vues étonnantes des pays lointains, ou de montagnes inaccessibles, ces reproductions saisissantes des grands monuments de l'Égypte, de la Grèce ou de l'Italie, on ne saurait oublier que l'instrument qui les reproduit sous nos yeux avec leur perspective, leurs plans et leur solidité a été inventé par sir Charles Wheatstone, non par un hasard heureux ou par des tâtonnements pénibles, mais par une suite d'études délicates et profondes sur la physiologie de la vision. Mettant à profit les formules sévères de l'optique et l'observation des phénomènes fugitifs des sensations perçues par l'œil, il découvrait par quels artifices des dessins plats peuvent donner le sentiment exact, l'illusion complète du relief.

« Ainsi est née cete industrie nouvelle qui, perfectionnée

par son illustre compatriote Brewster, occupe aujourd'hui des milliers d'artistes et d'ouvriers, et contribue aux jouissances intellectuelles de millions de créatures civilisées.

« Vers la même époque de sa vie, sir Charles Wheatstone avait donné une forme pratique à la pensée d'Ampère. Son télégraphe électrique, l'un des premiers qui aient fonctionné sur une ligne de quelque étendue, a été remplacé par des combinaisons plus heureuses *, mais le nom de notre confrère garde sa place dans l'histoire de la télégraphie nouvelle. Il s'en est rendu digne, non-seulement par cet effort, mais aussi par une longue et persévérante succession d'études et d'inventions destinées à rendre la combinaison des appareils télégraphiques plus sûre, leur maniement plus facile, et à écarter de leur jeu toutes les causes de trouble.

« C'est ainsi que sir Charles Wheatstone a été conduit à rechercher avec quelle vitesse l'onde électrique se propage le long d'un fil métallique; par quelles causes son transport peut être retardé, arrêté ou ramené vers le point de départ.

« C'est ainsi qu'en changeant la nature des métaux chargés de livrer passage au courant électrique, il constatait que l'étincelle qui se dégage de chacun d'eux émet des rayons colorés caractéristiques, préludant déjà à la découverte de la spectroscopie faite pour étonner bientôt le monde savant.

« C'est encore ainsi qu'ayant à mesurer la marche rapide de l'électricité dans un fil métallique, égale à celle de la lumière, il inventait l'admirable méthode des miroirs tournants, dont Arago, qui la qualifie en ces termes, et ses collaborateurs devaient faire un si noble emploi.

« Cette méthode admirable, en effet, permit à Arago, couronnant l'œuvre de sa vie scientifique, de tracer d'une main sûre le plan de l'expérience fondamentale qui devait décider si la lumière est un corps émané du soleil et des astres ou un mouvement ondulatoire excité par eux.

« Exécutée par un expérimentateur consommé, elle donna

* L'éminent secrétaire perpétuel fait ici allusion au premier télégraphe à aiguilles de Wheatstone, qui est en effet abandonné : il convient de rappeler que Sir Charles est également l'inventeur de l'un des appareils les plus perfectionnés de la télégraphie moderne, le télégraphe automatique, qui fonctionne entre Paris et Marseille.

tort à la théorie de l'émission. Cette méthode a donc fourni à la philosophie des sciences la donnée certaine sur laquelle reposent nos idées sur la nature des forces et en particulier sur celle de la lumière. A l'aide de cet artifice ou d'un artifice analogue, on est parvenu même à mesurer la vitesse de la lumière par des expériences purement terrestres qui, poursuivies sous une forte impulsion, ont contrôlé la mesure de la distance de la terre au soleil.

« La durée des mouvements rapides comme la pensée ou même plus rapides qu'elle, est donc mesurée sans incertitude par la méthode des miroirs tournants ou par des procédés se rapprochant de son principe. Cette méthode, qui rendra le nom de sir Charles Wheatstone immortel, marque une date et caractérise une époque dans cet art difficile de consulter la nature, base solide de la science moderne.

« C'est ainsi que sir Charles Wheatstone, rattaché par ses plus belles découvertes aux travaux de l'école française et honoré de l'amitié d'Arago, était accoutumé depuis longtemps à venir au milieu de nous, tantôt pour prendre quelque repos, plus souvent encore pour nous donner les premiers fruits de ses récents travaux. Les belles traditions, qui depuis plus de deux cents ans unissent d'une manière si étroite l'Académie des sciences de Paris et la Société royale de Londres, également vouées à l'invention et au perfectionnement, se personnifiaient dans notre illustre confrère.

« Si le savant a toujours une patrie à laquelle il se doit tout entier, la science n'en a pas; les lumières que le génie répand sont la propriété commune des nations civilisées; la reconnaissance qu'elles en éprouvent et qu'elles en font éclater, donne à la fois la mesure du bienfait qu'elles ont reçu et celle du niveau moral et intellectuel auquel elles sont parvenues.

« Rendre au génie les hommages qui lui sont dus, sans acception de pays ou d'origine, c'est s'honorer soi-même. L'Académie des sciences de Paris, toujours sympathique à la science anglaise, n'hésitait pas, au milieu des temps troublés des guerres de l'Empire, à décerner un grand prix à sir Humphry Davy. Au sein de la paix, elle remplit avec tristesse un devoir d'affection envers l'un de ses plus nobles successeurs, en se réunissant autour de son cercueil pour lui rendre

un hommage suprême. Associé étranger de l'Académie, exerçant à ce titre par un rare privilége tous les droits de ses membres pendant sa vie, nous avions à remplir envers sa dépouille mortelle les mêmes devoirs que nous rendons à nos confrères nationaux.

« La mémoire de sir Charles Wheatstone vivra au milieu de nous non-seulement par les découvertes et les méthodes dont il a doté la science, mais aussi par le souvenir des rares qualités de son cœur, de la droiture de son caractère et du charme plein d'aménité de ses rapports personnels.

« Les amis qu'il laisse au milieu de nous n'ayant pu fléchir le destin, espèrent du moins avoir contribué par leurs soins à adoucir les derniers moments de sa vie; de cette vie qui s'éteignait, hélas! loin de sa patrie aimée, loin du foyer domestique, loin de ce milieu familier dont le souvenir doux et puissant se ranime à la dernière heure et que le regard cherche encore une fois avant que l'âme se séparant de sa dépouille mortelle s'élève vers un monde meilleur.

« Adieu! Wheatstone, adieu, au nom de l'Académie et de la science; au nom de l'amitié qui nous unissait depuis quarante années, adieu! »

Après ce discours, M. Tresca, membre de l'Institut et ami particulier de sir Charles Wheatstone, a pris la parole et a rappelé avec émotion les titres scientifiques du célèbre physicien.

Nous donnerons le discours de M. Tresca dans notre prochaine livraisou.

BULLETIN ADMINISTRATIF.

Conférence de Saint-Pétersbourg.

La conférence internationale télégraphique, qui s'était réunie le 1er juin, s'est séparée le 19 juillet après avoir terminé ses travaux. L'expérience décidera de leur valeur et de l'opportunité des nouvelles mesures qui ont été adoptées à Saint-Pétersbourg. Ce qu'on peut dire dès aujourd'hui, c'est qu'un sincère esprit de conciliation n'a cessé de régner dans la conférence, en même temps que le sentiment profond des graves intérêts qui s'y discutaient; c'est que les travaux et les débats ont été conduits avec autant de sagesse que d'habileté par le président, M. de Lüders, directeur général des télégraphes russes. Mais tout le temps n'a pas été absorbé par ces sérieux labeurs, auxquels se sont mêlées d'instructives et agréables distractions. Qu'il soit permis, à cette occasion, de remercier publiquement M. de Lüders qui s'était, pour ainsi dire, chargé de faire aux délégués les honneurs de la Russie, et qui s'est merveilleusement acquitté de cette tâche. C'est grâce à lui, dont l'inépuisable obligeance semblait se multiplier, qu'ils ont pu voir sur toutes ses faces la magnifique capitale fondée par Pierre le Grand; c'est grâce à lui qu'ils ont pu, dans de nombreuses excursions parfaitement organisées, faire beaucoup d'études et d'observations intéressantes et acquérir ces convictions auxquelles les avait préparés d'ailleurs le remarquable discours prononcé à la séance d'ouverture par S. Exc. le général Timatscheff, ministre de l'intérieur.

Un membre de la conférence, homme de beaucoup d'esprit, faisant allusion à ces grands jours sans nuit qui, vers la fin de juin, règnent dans les contrées du nord et surprennent singulièrement les Européens des latitudes plus basses, disait que la Russie est un pays d'exceptions. Cela est bien vrai. Tout, en effet, est exceptionnel dans ce pays : la variété de

ses climats et de ses races, l'immensité de son étendue, les progrès si rapides de sa puissance, tout enfin, sans en excepter sa large et cordiale hospitalité. Aussi peut-on dire, sans crainte d'être démenti, que tous les délégués, en quittant Saint-Pétersbourg, ont emporté un vif souvenir d'admiration pour ce grand Empire, et un non moins vif sentiment de reconnaissance pour la nation russe qui les a si bien accueillis et traités.

J. D.

Légion d'honneur.

Par décret du Président de la République, en date du 7 août 1875, rendu sur la proposition du vice-président du conseil, ministre de l'intérieur, a été promu *au grade de Commandeur* :

M. Pierret, directeur de l'administration des lignes télégraphiques. Officier depuis 1864.

A été nommé *au grade de Chevalier :*

M. le vicomte de Montillet de Grenaud, inspecteur des lignes télégraphiques. 31 ans de services, dont 10 en Algérie.

Par décret du Président de la République, en date du 6 octobre 1875, sur le rapport du ministre de la guerre, a été nommé *au grade de Chevalier :*

M. Morris, directeur de la télégraphie mobilisée au 3[e] corps. 20 ans de services, 3 campagnes.

PERSONNEL.

Promotions.

Inspecteur divisionnaire de 1re classe, M. Guyot.

Inspecteur de 1re classe.

M. de la Rivière.

Inspecteur de 2e classe.

M. Magne.

Inspecteur de 3e classe.

M. Wattebled.

Inspecteurs de 4e classe.

MM. Gougé,
Salus,
Fribourg.

Sous-inspecteurs.

MM. Boutard,
Demars.

Directeurs de transmissions de 1re classe.

MM. du Boisdulier,
de la Lande.

Directeurs de transmissions de 2e classe.

MM. Fabre,
Defournoux,
Lalande,
Gelez.

Chefs de station.

De 1re classe.

MM. Duméril,
Tramond.

De 2e classe.

MM. Briosne,
Mathet,
Mac Anliffe.

Employés de 1re classe.

MM.	MM.	MM.	MM.
Dissez.	Laval.	Coronat.	Malfré.
De Renard.	Rinuy.	Maillard.	Gouillart.
Plentz.	Florense.	Mougel.	Debouche.
Pau Saint-Martin.	Javey.	Damzac.	Guinbaud.
Perrot.	Conrard.	Servat.	Girod.
Galliard.	Vignaud.	Douay.	Guichard.
Cadet dit Dégravier.	Ducreu.	Erny.	Fridblatt.
Labaurie.	Périssé.	Béglot.	Houzeau.
Servières.	Hébrard.	Donnart.	Renaut.
Mamias.	Lantoine.	Vergey.	Durut.
Vialard.	Bazille.	Gonelle,	Lemoine.
Dauteroche.	De Beaufort.	Courbin.	Vasbender.
Mathieu.	Guilmineau.	Courbaldieu.	Beaugrand.
Ayrault.	Bouclet.	Dürr.	Jacobsen.
Ballut.	Gaspard.	De Kerneizon.	Martin.
Tourné.	Driencourt.	Lejeune.	

Employés de 2e classe.

MM.
Paris.
Royer.
Gilbert.
Galibert.
Millie.
Féret.
Chartier.
Vinay.
Parad.
Tabaret.
Ango.
Proux.
Denizot.
Converset.
Castex.
Bourguignon.
Descaillaux.
Vidal.
Leverrier.

MM.
Curel.
Pacand.
Chrestia.
Hayet.
Collet.
George.
Belleville.
Chevalier.
Caillet.
Bouzique.
Leclère.
Raynaud.
Bastouil.
Besson.
Duval.
Le Ridant.
Bavilley.
Vittenet.
Dufond.

MM.
Godard.
Dodier.
Lavaurs.
Lafon.
De Barquin.
Chevron.
Vérité.
Nicolaï.
Le Bourhil.
Pessartou.
Rivaux.
Durand.
Halton.
Delsol.
Saint-Manvieu.
Jouany.
Delaunay.
Sumien.
Raeckelboom.

MM.
Caignan.
Boiry.
Connu.
Henry.
Lambert.
Ternisien.
Dupuich.
Catelain.
Dubié.
Godard.
Lemarié.
Nougaret.
Théry.
Thiériot.
Roy.
Sagot.
Villeneuve.
Brou.

Employés de 3e classe.

MM.
Henry.
Germain.
Bissey.
Cauchie.
Launay.
Boulond.
Chardon.
Godou
Lepetit.
Dusausoy.
Boulanger.
Barbe.
Saulnier.
Schmidt.
Marimon.
Chabat.
Colle.
Doumeng.
Samson.
Bachelet.

MM.
Allègre.
Acquier.
Brachet.
De Boisset.
Donzey.
Thiot.
Arquier.
Frussotte.
Serradell.
Le Brun.
Chemil.
Vernhes.
Cathié.
Gaulène.
Servet.
Monier.
Renucci.
Giraudon.
Cléroy.
Bodin.

MM.
Béranger.
Larippe.
Saffray.
Frézouls.
Berthelomier.
Le Saint.
Perpey.
Vuidepot.
Bastien.
Bermont.
Rousseau.
Grand.
Genty.
Grivet.
Bourdeau.
Clément.
Proth.
Bogard.
Brimont.
Guasco.

MM.
Poublan.
Manuelli.
Berthaut.
Gratteau.
Briandet.
De Busnel.
Chaumet.
Garros.
Charry.
Sidot.
Marin.
Müller.
Willot.
Dumestre.
Perrot.
Baudot.
Bourrel.
Flusin.
Guette.

Employés de 4e classe.

MM.
Bleton.
D'Arfeuille.

MM.
Guerric.
Macé.

MM.
Maucuer.
Pourtalet.

MM.
Saubert.
Vuillemot.

MM.
Ali bel Hadjer.
Thébé.
Grapin.
Droniou.
Mordellès.
Maingnet.
Laffont.
Grenard.
Zaegel.

MM.
Mieusset.
Rémy.
Sarthou.
De Bréchard.
Dupré.
Quintin.
Palisse.
Carante.
Quillot.

MM.
Ardourel.
Bard.
Marchand (M. F.)
Seguin.
Disse.
Ziller.
Marchand (J. M.)
Rousse.
Delanoë.

MM.
Pionnier.
Godfroy.
Guigues.
Py.
Mangé.
Vallance.
Bernadou.
Ainaud.

Employés de 5e classe.

MM.
Thièvre.
Deportes.
Mezin.
Simonet.
Dotte.
Perré.
Langlois.
Gélébart.
Barret.
Moisnard.
Hoornaert.
Blaevoet.
Mathorel.
Best.
Migniot.
De Fouilhac.
Chady.
Pavie.
Mendailles.
Béraud.
Greffin.
François dit Macheneau.
Sirdey.
Julle.
Marly.
Viémont.
Huard.
Blanchard.
Carré.
Vergnaud.
Libault.
Charlaix.
Martin.

MM.
Pfeiffer.
Pourchel.
Blond.
Hamelin.
Baudet.
Alzas.
Herbouillé.
Adam.
Germain.
Houssaye.
Camus.
Graindorge.
Courtois.
Guichard.
Eychenne.
Langard.
Gratias.
Panet.
Milon.
Muller.
Cazal.
Jaulin du Seutre.
Bordot.
Arnal.
Bauzelle.
Drilhon.
Girouard.
Gascard.
Garry.
Terré.
Prugent.
Lemercier.
Dubaquier.
Corbière.

MM.
Le Seigle.
Lalé.
Debeaune.
Groupierre.
Leroy.
Vichy.
Guyomard.
Devaux.
Raoulx.
Boulanger.
Becquenot.
Tanguy.
Skopetz.
Jardinier.
Montel.
Labonne.
Prengrueber.
Bastide.
Guillot.
Vitalis.
Clerc.
Toussaint.
Astier.
Jeanmasson.
Vennat.
Montrieux.
Breton.
Huet.
Nebon.
De Prinsac.
Baudet (J. B.).
Gazan.
Tisserand.
Guittard.

MM.
Marx.
Sardi.
Letourneux.
Lambert.
Richier.
Normandin.
Merveille.
Mariette.
Baudet (P. J.).
Martin.
Gréges.
Gros.
Pradin.
Maréchal.
Rinaldi.
Morel.
Etcheverry.
Rampon.
Receveur.
Gautier.
Gerbost.
Rozet.
Tougne.
Seguin.
Fournel.
Poiraton.
Granier.
Ayard.
Pariès.
Boudet.
Albert.
Marcel.
Talvard.
Galmiche.

Mutations.

1° *En France.*

MM.			
Margerie	Inspecteur	de Carcassonne. . .	à Toulouse.
Rey-Demorande . .	Id.	Bourg	à Moulins.
Gaultier.	Sous-inspecteur. . .	Nantes.	à Périgueux.
Cochet	Id. . . .	Mont-de-Marsan.	à Carcassonne.
Olivo	Direct^{r} de trans^{ons}.	Toulouse.	à Nantes.
Boutiron.	Chef de station. . .	Laval	à Cognac.
Dard-Thénadey. . .	Id. . . .	Paris.	à Laval.
Fredet	Id. . . .	Paris.	à Compiègne.
Fretard d'Écoyeux .	Id. . . .	Compiègne . . .	à Amiens.

2° *Entre la France et les colonies.*

MM.			
Denis	Chef de station. . .	de Péronne	En Algérie.
Pujol	Employé.	Cochinchine. . .	à Bordeaux.
Denis	Id.	Id. . . .	à Lyon.
Sagot	Id.	Id. . . .	à Paris.
Gras	Id.	Id. . . .	Id.
Savin	Id.	Id. . . .	Id.
Roder.	Id.	Id. . . .	à Nantes.
Bouilliant.	Id.	Id. . . .	à Paris.
Crozat de Fleury . .	Id.	Id. . . .	à Agen.
Michel (E. I.). . . .	Id.	Paris.	en Cochinchine.
Cécillion.	Id.	du Havre	Id.
Martin (E. J.) . . .	Id.	Lille.	Id.
Tonnadre	Id.	Rouen.	Id.
De Pardailhan . . .	Id.	Limoges	Id.
Raymond.	Id.	Saint-Quentin . .	Id.
D'Escudié.	Id.	Montauban . . .	Id.
Hellequin.	Id.	Cherbourg. . . .	Id.
Estorges	Id.	Roubaix	Id.
Combaluzier.	Id.	Marseille	Id.
Conche	Id.	Paris.	Id.
Lapoujade (G.). . .	Id.	d'Algérie	à Périgueux.
Signoret.	Id.	Id.	à Uzès.
Casale.	Id.	de Corse	En Algérie.
Dupré.	Id.	Paris.	Id.
Corbière.	Surnuméraire. . . .	Montpellier . . .	Id.
Hulin.	Id.	Cherbourg. . . .	Id.
Picard.	Id.	Rennes	Id.
Terrin.	Id.	d'Algérie	à Toulon.

Le Gérant : Dunod. — Imprimerie Arnous de Rivière et Ce, 26, rue Racine.

ANNALES

TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1875 Novembre-Décembre

NOTICE

SUR

LA VIE ET LES TRAVAUX DE SIR CH. WHEATSTONE.

PAR M. E. MERCADIER.

I

Sir Charles Wheatstone, l'illustre physicien anglais, associé étranger de l'Académie des sciences, vient de mourir il y a quelques jours à peine et en quelque sorte à l'improviste, sans que rien ne pût faire prévoir à l'avance un si funeste événement. Huit jours avant, en effet, nous avions vu Wheatstone à la séance ordinaire de l'Académie, plein de santé, causant avec l'animation, la vivacité qui lui étaient habituelles. Il était venu en France pour demander à l'administration des télégraphes de mettre à l'essai le dernier appareil de son invention relatif à la télégraphie sous-marine. Quelques jours après,

une courte maladie subitement survenue l'emportait, à Paris, enlevant ainsi à l'Angleterre une de ses plus grandes illustrations et à la science un de ses adeptes les plus laborieux et les plus illustres.

Ch. Wheatstone était né en 1802, à Gloucester. Sa vie tout entière fut consacrée à la science et à ses applications: son histoire est celle de ses nombreux travaux. Primitivement fabricant d'instruments de musique à Londres, il s'éleva rapidement de ce rang modeste aux premiers rangs parmi les inventeurs et les savants de ce siècle. Il fut ainsi véritablement le fils de ses œuvres. Ses premiers travaux scientifiques datent de 1823; il avait à peine vingt et un ans, et il travaillait plus que jamais au moment de sa mort; pendant ces cinquante années, on ne trouve pas de lacune à son activité si ardente et si féconde. A l'exception de son illustre compatriote Faraday, il n'est pas un savant de notre temps dont la vie scientifique soit mieux remplie.

A ce don si précieux de la fécondité des idées, il en joignait un autre aussi précieux encore : il avait, si l'on peut ainsi dire, le génie de la réalisation pratique de ses idées; chercheur incomparable, il trouvait immédiatement la forme la plus simple pour donner un corps à ses recherches : il inventait et exécutait merveilleusement.

Ces qualités mises au service d'un esprit pratique le conduisirent assez vite à une grande fortune; car, malgré des disputes nombreuses de priorité, malgré des luttes qu'il eut à soutenir à cause de ses brevets d'invention, il obtint toujours gain de cause et put recueillir le fruit de ses travaux.

Nous avons entendu reprocher à Wheatstone la vivacité avec laquelle il revendiquait souvent la paternité des idées qu'on appliquait de toutes parts, et l'empressement qu'il

mettait à prendre des brevets pour toutes ses découvertes scientifiques. Sans doute on peut trouver qu'en certaines circonstances l'homme pratique éclipsait un peu en lui l'homme de science pure; mais quand on est tenté d'adresser à un savant de tels reproches, si légers qu'ils soient, il faut songer qu'en définitive avant de faire des découvertes il faut vivre; que si l'on est en droit de placer les recherches scientifiques au premier rang des plus nobles travaux auxquels l'intelligence humaine puisse s'appliquer, encore sont-ce des travaux, et rien n'est plus juste, en somme, que de retirer d'un travail honorable un profit légitime.

Quoi qu'il en soit, Wheatstone a produit beaucoup, et si toutes ses productions ne peuvent être mises au même rang, toutes portent la marque d'un aspect original, et plusieurs resteront célèbres dans l'histoire de la science.

Ses travaux se rattachent à trois branches physiques : l'acoustique, l'optique et l'électricité. Aussi les rangeons-nous sous ces trois catégories, et dans l'impossibilité où nous nous trouverions ici de les analyser tous, nous nous attacherons à signaler les principaux en essayant d'en faire comprendre l'importance au point de vue théorique et pratique. Ils donnèrent à Wheatstone une rapide renommée dans son pays et dans le monde entier. Professeur à King's College en 1834, au moins nominalement, il fut nommé, dès 1836, membre de la Société royale de Londres. Vers 1842, notre Académie des sciences le nomma membre correspondant dans la section de physique; en 1873, il fut nommé associé étranger. C'est à ce titre qu'on le voyait souvent à l'Académie, aux séances de laquelle il ne manquait jamais d'assister quand il venait en France, et où il comptait de nombreux amis, dont MM. Dumas et

Tresca se sont faits les interprètes émus à la cérémonie funèbre qui eut lieu à Paris après sa mort.

II

Wheatstone fut d'abord, avons-nous dit, fabricant d'instruments de musique; de là, la première direction qu'il donna à ses recherches. Les dix premières années de sa vie scientifique, de 1823 à 1833, furent en effet consacrées à des études d'acoustique.

C'est ainsi qu'il publia des expériences sur l'audition, sur la vérification de la théorie de Bernouilli relative aux instruments à vent, sur les vibrations et les résonnances des colonnes d'air cylindriques et coniques. En 1831, il fit connaître des recherches très-ingénieuses sur la transmission des sons musicaux à travers les conducteurs solides linéaires. On savait depuis bien longtemps que les corps sonores mis en contact avec des corps solides et même liquides leur communiquent leurs vibrations. Wheatstone étudia cette propriété avec beaucoup plus de soin qu'on ne l'avait fait avant lui : il fit voir que cette transmission s'opérait avec tant de rapidité, qu'on pouvait transmettre ainsi à une grande distance les sons d'un air de musique joué par un instrument. Il parvint, par exemple, à faire entendre les sons d'un piano placé au rez-de-chaussée d'une maison à des auditeurs placés au deuxième étage, en faisant reposer sur la table d'harmonie de l'instrument une longue baguette de sapin qui traversait les deux étages dans une enveloppe de caoutchouc. Dans ces conditions, si l'on pose sur l'autre bout de la baguette un instrument de musique qui possède une caisse résonnante comme un violon ou une harpe, on entend immédiatement les sons du piano avec cette

particularité piquante qu'on croit entendre les sons du violon ou de la harpe.

Cette expérience très-intéressante montre bien Wheatstone sous l'aspect que nous avons indiqué d'un homme habile à donner à ses idées une forme expérimentale pratique, nette et saisissante.

Mais quatre ans auparavant, il avait imaginé un instrument bien plus intéressant encore, et qui est devenu en quelque sorte classique sous le nom de *kaléidophone* qu'il lui a donné.

Si l'on fixe solidement l'extrémité d'une tige de section rectangulaire, si on l'écarte de sa position d'équilibre et si on la lâche subitement, la tige prend un mouvement complexe dont la théorie mathématique a donné les lois. En réduisant ces lois à leur plus simple expression, on trouve que la tige doit prendre deux mouvements vibratoires simultanés, parrallèles aux deux côtés de la section. Chaque point de la tige possède ainsi deux mouvements rectangulaires, qui se composent entre eux comme des forces différentes appliquées simultanément à un même point : il décrit donc dans l'espace une courbe fermée dont la forme dépend du rapport entre les deux dimensions de la section de la tige.

C'est ce que Wheatstone démontra de la façon la plus péremptoire et en même temps la plus simple du monde, en matérialisant en quelque sorte cette courbe. A cet effet, il imagina de fixer au bout libre de la tige une petite perle argentée et de l'éclairer vivement : il se produit alors un point brillant qui, dans le mouvement de la tige, décrit la courbe en question, qu'on peut regarder directement ou en projection sur un écran. En réunissant sur un même support plusieurs tiges de dimensions variables, on a l'instrument appelé kaléidophone.

Rien de plus simple, comme on voit; mais on voit aussi qu'il y a là l'origine d'une méthode d'investigation applicable à des corps vibrants de formes diverses : les courbes décrites par les points brillants déterminés à la surface de ces corps donnent une idée immédiate de la complexité plus ou moins grande de leurs mouvements.

Il est vrai qu'on ne possède ainsi qu'une méthode d'analyse *qualitative* des mouvements vibratoires. Il y avait un pas de plus à faire pour la transformer en méthode *quantitative*. Wheatstone ne le fit pas. Il appliqua seulement les idées qui l'avaient conduit à la construction du kaléidophone à l'analyse du mécanisme en vertu duquel se produisent les lignes nodales dans les plaques vibrantes. C'est par le mémoire, remarquable malgré quelques légères inexactitudes, où il exposa cette analyse, qu'il termina ses études d'acoustique proprement dites. Il donna cependant en 1835 un mémoire renfermant une théorie des sons-voyelles et des recherches relatives à l'imitation de la voix humaine. Mais on peut dire qu'à partir de ce moment ses recherches s'étaient dirigées en même temps du côté de l'optique et de l'électricité, et c'est ainsi qu'il laissa à M. Lissajous l'honneur de trouver la méthode optique pour la composition des mouvements vibratoires de corps différents.

III

L'acoustique et l'optique ont tant de points communs, qu'il est bien difficile de toucher à l'une sans s'occuper de l'autre. C'est ce qui arriva à Wheatstone. Ses travaux sur l'optique sont peu nombreux, il est vrai, mais il en est trois sur lesquels nous devons nécessairement insister.

Le premier, qui date de 1838 et fut repris en 1852,

est relatif à la physiologie de la vision binoculaire, et eut pour conséquence l'invention du *stéréoscope*. Lorsqu'on regarde un objet peu éloigné, les images de cet objet sur la rétine ne sont pas identiques pour les deux yeux : ces images ont une portion commune, mais l'œil gauche voit en plus une portion latérale à droite de l'objet, et l'œil droit une portion latérale à gauche. Wheatstone découvrit que cette action simultanée des deux yeux qui constitue la vision binoculaire est un des éléments les plus importants du jugement du relief des corps rapprochés. Et pour le démontrer, il fit voir que si l'on fait deux dessins d'un même objet à trois dimensions, l'un tel que le voit l'œil droit, l'autre tel que le voit l'œil gauche; si l'on s'arrange de façon que chaque œil ne voie que le dessin qui lui correspond, tout en satisfaisant néanmoins à cette condition nécessaire que les deux images paraissent superposées, on a alors la sensation du relief, absolument comme si l'on regardait l'objet lui-même et non les dessins.

Il trouva immédiatement, comme cela lui était habituel, un dispositif simple qui réalisait parfaitement sa conception, à l'aide de deux miroirs inclinés à 90°, dans chacun desquels les deux yeux voient séparément les dessins qui leur sont destinés comme s'ils étaient confondus. Tel est le principe du stéréoscope à réflexion.

Tout le monde connaît maintenant cet admirable instrument perfectionné par Brewster, qui l'a transformé en un instrument à réfraction; tout le monde apprécie son utilité; il n'est pas d'appareil d'optique plus populaire, et il est difficile d'en citer de plus ingénieux.

Le second travail de Wheatstone se rattachant à l'optique dont nous avons à nous occuper repose sur des principes encore plus simples que le précédent; il est

fondé sur la persistance des impressions lumineuses sur la rétine, persistance qui dure, on le sait, environ un dixième de seconde.

Concevons un miroir tournant à l'aide d'un mécanisme quelconque autour de l'un de ses diamètres. Un point lumineux fixe placé en face produira une image qu'on verra décrire un arc perpendiculaire à l'axe de rotation, avec une vitesse qui, d'après les lois de la réflexion de la lumière, est double de celle du miroir. L'image d'un point lumineux intermittent décrira aussi un arc semblable, mais d'une longueur d'autant plus grande que la vitesse du miroir sera plus grande. De plus, si l'intermittence dure moins d'un dixième de seconde, l'œil, au lieu de voir *successivement* tous les points de l'arc lumineux, les verra tous à la fois : cet arc paraîtra *fixe*, et il en résulte que si le miroir conserve une vitesse constante, on pourra *évaluer sa longueur* (c'est là le point important à noter). Quand même la durée du point lumineux serait extrêmement petite, si l'on peut donner au miroir une vitesse uniforme suffisamment grande, l'arc lumineux pourra avoir une longueur appréciable. Cette longueur étant donc proportionnelle à la fois à la vitesse de rotation du miroir et à la durée du phénomène lumineux, on déterminera cette dernière en mesurant la vitesse du miroir ou le nombre de tours qu'il effectue dans une seconde et la longueur de l'arc.

C'est là, réduite à sa plus simple expression, la méthode dite *du miroir tournant*, imaginée par Wheatstone pour mesurer la durée de phénomènes lumineux très-courts : méthode admirable qui a fourni aux physiciens un nouvel instrument d'investigation très-puissant, et dont la découverte suffiirait à sauver de l'oubli le nom de son auteur : peut-il y avoir, en effet, de découverte scientifique

plus belle que celle d'une méthode générale d'observation et de l'instrument qui permet de la mettre en pratique?

Le photomètre de Wheatstone repose aussi sur le principe de la persistance des impressions lumineuses mis en œuvre d'une façon très-originale. C'est une boîte cylindrique portant une roue dentée intérieurement sur laquelle engrène un pignon qu'une manivelle fait tourner à l'aide d'un mécanisme convenable avec une assez grande rapidité. Une petite perle argentée est fixée en un point du pignon : si on l'éclaire avec une lumière, il en résulte un point brillant qui décrit une courbe dont la forme dépend de la position du point et du rapport entre les nombres de dents du pignon et de la roue. Une seconde lumière produira en même temps un second point brillant et une seconde courbe. Si l'on place les deux lumières à des distances telles que les intensités des deux courbes juxtaposées soient égales, les intensités de ces deux lumières seront en raison directe des carrés des distances. Cet instrument ne permet pas des mesures de précision, mais il a le mérite de pouvoir être mis en expérience sans aucune préparation, et de pouvoir donner en quelques instants le rapport approximatif des intensités de deux lumières.

IV

Nous arrivons maintenant à une série de travaux se rapportant à l'électricité et à ses applications, qui ont occupé Wheastone d'une manière continue pendant quarante ans.

L'exposition que nous venons de faire de la méthode du miroir tournant nous sert de transition toute naturelle pour passer de la série précédente à celle-ci. C'est, en

effet, à l'aide de cette méthode que Wheatstone a exécuté ses premières recherches électriques, consistant en la mesure de la vitesse de propagation de l'électricité statique à travers les fils de cuivre et l'évaluation de la durée de l'étincelle d'une bouteille de Leyde. Nous avons indiqué plus haut comment on pouvait mesurer la durée de l'étincelle. Pour mesurer la vitesse de propagation, Wheatstone disposa un circuit de 800 mètres de fil de cuivre, de façon que l'étincelle produite par une bouteille de Leyde éclatât simultanément au commencement et à la fin du circuit, et ensuite au milieu, après que l'électricité eut parcouru 400 mètres de chaque côté. Il vit que les deux arcs lumineux produits dans le miroir tournant par les étincelles extrêmes étaient égaux, et que celui qui provenait de l'étincelle du milieu était en arrière d'une certaine longueur qu'il mesura.

Ce retard correspondait évidemment au temps mis par l'électricité à parcourir 400 mètres. Wheatstone trouva ainsi une vitesse de propagation d'environ 463.000 kilomètres par seconde dans un fil de cuivre, et pour la durée de l'étincelle d'une bouteille de Leyde à peu près un vingt-quatre millième de seconde. Malheureusement ces nombres n'ont qu'une valeur relative : de nombreuses recherches ultérieures ont montré que la propagation et la durée mesurées dépendent d'un certain nombre de circonstances accessoires qui compliquent beaucoup les phénomènes. Ce n'en était pas moins une première application de la méthode du miroir tournant, et Wheatstone en prouvant, en tout cas, que la vitesse de l'électricité était mesurable, fut l'initiateur de ceux qui dirigèrent ensuite leurs études dans cette voie.

L'année suivante, en 1835, Wheatstone analysait à l'aide du prisme la lumière produite par l'étincelle élec-

trique, et montrait que le spectre de cette lumière présentait des raies brillantes. C'était une expérience bien importante dont son auteur ne poursuivit pas les conséquences ; mais elle fait partie de ce faisceau de découvertes partielles qui précédèrent la grande découverte récente de l'analyse spectrale.

On le voit, Wheatstone était bien un chercheur à idées nouvelles, et déjà, à l'époque de sa vie où nous sommes arrivés, il pouvait passer pour un inventeur de premier ordre. Mais à partir de ce moment, cette faculté d'invention semble se développer en lui de plus en plus.

C'est ainsi que (en faisant abstraction, pour le moment, de tout ce qui concerne la télégraphie), en 1840, il imagine les premiers compteurs électro-chronométriques, c'est-à-dire des compteurs qui, mus électriquement, indiquent les mêmes heures sur des cadrans placés à de grandes distances les uns des autres.

La même année, il construit le premier chronoscope électrique pour la mesure de temps très-courts, et, en 1854, il applique la méthode qu'il avait imaginée à cet effet, à l'étude de la chute des corps.

En 1842, il applique le premier l'électricité à l'enregistrement des observations météorologiques, et construit un instrument remarquable qui a été notamment employé avec succès à l'Observatoire de Kiew.

L'année suivante, Wheatstone publia un grand travail dans lequel il décrivit des instruments et des procédés nouveaux pour la vérification des lois des courants voltaïques, découvertes mathématiquement par Ohm, et expérimentalement par Pouillet. Il se préoccupa d'abord de construire une pile dont le courant fût sensiblement constant, et imagina à cet effet la pile à amagalme de zinc. En même temps, il fit connaître l'instrument nommé

rhéostat, qui sert à introduire dans le circuit d'une pile un fil de longueur et, par suite, de résistance variable, afin de pouvoir ramener au besoin à un point déterminé de leur graduation les galvanomètres placés dans les circuits. Enfin il indiqua une méthode propre à comparer entre elles les forces électro-motrices de couples voltaïques à courant constant, et, se servant de sa pile et de son rhéostat, il exécuta des recherches dont les résultats ont été, pour la plupart, vérifiés plus tard par des méthodes différentes et, à certains égards, plus précises. Ces résultats sont relatifs à l'influence sur la force électro-motrice des piles de la grandeur des éléments, de leur nombre, de la nature des dissolutions, de la nature des lames métalliques qui entrent dans la composition des éléments, de la polarisation de ces lames...., etc.

Dans le même ordre d'idées, il vulgarisa et rendit réellement efficace et pratique une méthode, dont le principe avait été imaginé avant lui, pour la mesure des résistances électriques des conducteurs, à l'aide d'un instrument connu universellement aujourd'hui sous le nom de *pont de Wheatstone*. C'est un parallélogramme métallique dont l'une des diagonales porte un galvanomètre : au milieu de deux côtés adjacents sont intercalées des bobines de fils dont les résistances sont dans un rapport déterminé, $a : b$; au milieu du côté placé en face de a on introduit le conducteur dont la résistance x est à mesurer, et dans le quatrième côté un rhéostat de résistance variable c. On attache les deux pôles d'une pile aux extrémités de la diagonale qui ne contient pas le galvanomètre, et l'on fait varier la résistance c jusqu'à ce que la déviation du galvanomètre soit nulle : on démontre alors aisément que la résistance cherchée x est égale à c multiplié par le rapport de a à b.

Il paraît difficile d'imaginer une méthode et un appareil plus simples ; il n'en est pas pourtant qui aient rendu plus de services dans les études électriques pratiques, principalement celles qui se rapportent à la télégraphie.

Nous nous trouvons ainsi amené à parler maintenant des travaux de Wheatstone relatifs à la télégraphie.

Pour tout esprit impartial qui examine les choses sans parti pris, Wheatstone nous paraît être le vrai créateur de la télégraphie pratique. Son télégraphe à aiguille, le plus simple de tous les systèmes de télégraphie connus, est le premier qui ait été employé sur une ligne de quelque étendue à un service télégraphique régulier, et cela dès 1837 et 1838. Il renfermait d'ailleurs la première application de l'électro-aimant à la télégraphie.

Dès qu'il fut entré dans cette voie, Wheatstone la suivit pendant tout le cours de sa vie, perfectionnant sans cesse ses appareils et ses inventions.

En 1840, il imagine le télégraphe à cadran qui, perfectionné dans sa construction par M. Bréguet, est aujourd'hui si répandu et si connu.

Plus tard, il invente le *relais* qui, placé au milieu d'une longue ligne, permet de substituer à chaque courant qui lui arrive affaibli, après avoir parcouru la première moitié de la ligne, un nouveau courant destiné à parcourir la seconde moitié.

On connaît l'utilité de cet instrument : il permet d'augmenter de beaucoup la longueur des lignes aux extrémités desquelles on peut établir un service télégraphique.

Wheatstone substitua bientôt à la pile dans ses télégraphes à cadran de petites machines d'induction semblables à la machine de Clarke, et il en arriva à réduire

les dimensions de ses appareils de façon à leur donner la forme d'une grosse montre, créant ainsi des appareils excellents pour la télégraphie à petite distance, qui sont très-employés en Angleterre.

Plus tard, il apporta au système télégraphique Morse un perfectionnement considérable, en le transformant en un système automatique à grande vitesse.

Si de la télégraphie terrestre nous passons à la télégraphie sous-marine, nous trouvons que Wheatstone paraît avoir eu, dès 1840, l'idée des câbles télégraphiques sous-marins. En tout cas, c'est sous sa direction et sous celle de Stephenson que fut établie la première communication sous-marine durable entre la France et l'Angleterre. C'est à lui également et à Faraday que sont dues les premières expériences sérieuses (1853-1854) sur les phénomènes que présente la propagation de l'électricité dans ces systèmes complexes qu'on nomme câbles télégraphiques sous-marins.

Tels sont les principaux travaux scientifiques de Wheatstone. Bien que nous ayons dû en négliger quelques-uns et nous réduire pour d'autres presque à une simple énumération, l'analyse rapide que nous venons d'en faire suffira à montrer la valeur d'un tel homme, et par suite l'étendue de la perte que viennent de faire la science et son pays qu'il illustrait.

En jetant un coup d'œil d'ensemble sur son œuvre considérable, on peut affirmer que l'homme qui a trouvé le kaléidophone, le stéréoscope, la méthode du miroir tournant, la méthode pour mesurer les résistances électriques, le télégraphe à aiguilles et à cadran, le télégraphe Morse automatique à grande vitesse, restera toujours au premier rang parmi les savants de notre siècle, et que son nom ne périra pas.

EXAMEN COMPARATIF

DES

PILES USITÉES DANS LA TÉLÉGRAPHIE.

RAPPORT DE M. GAUGAIN SUR LES MODÈLES DIVERS DES PILES DANIELL, CALLAUD, MARIÉ-DAVY ET LÉCLANCHÉ *.

Pour apprécier la valeur des divers couples que j'ai été chargé d'examiner, j'ai mesuré la force électromotrice et la résistance de chacun d'eux dans quelques-unes des conditions différentes où il peut se trouver placé. Je dois donc faire connaître d'abord les méthodes expérimentales que j'ai employées pour la détermination de ces deux éléments la force électromotrice et la résistance.

Mesure de la force électromotrice.

J'ai employé pour les recherches dont je vais rendre compte la *méthode de l'opposition* dont je m'étais déjà servi dans toutes mes recherches antérieures snr la force électromotrice et j'ai pris pour unité de force la force électromotrice d'un couple thermoélectrique dont les soudures sont maintenues, l'une à la température zéro,

* Ce rapport, qui date de 1868, n'a jamais été publié *in extenso*. Nous croyons devoir le reproduire, car l'auteur s'y reporte dans ses travaux ultérieurs sur les piles à bichromate de potasse que nous donnerons à la suite.



l'autre à la température de 100°. Je désigne cette unité par le symbole $\frac{Bi - Cu}{0 - 100}$.

J'ai fait remarquer il y a très-longtemps (comptes rendus 29 mars 1854) que la force électromotrice du couple thermoélectrique bismuth et cuivre varie d'un couple à l'autre en dépit de tous les soins que l'on peut apporter à la construction des couples, et bien que le fait ait été contesté, je ne crois devoir rien changer à ce que j'ai dit sur ce sujet dans les *Annales de chimie et de physique* (1862, 3e série, tome LXV, p. 27-34). La force électromotrice qui m'a servi d'unité n'est donc pas la force électromotrice d'un couple thermoélectrique (bismuth cuivre) quelconque, c'est la force électromotrice moyenne des couples qui forment la batterie dont j'ai fait usage.

Comme cette batterie n'était composée que de quarante couples, elle eût été très-insuffisante pour mesurer directement la force électromotrice des piles que j'ai étudiées, et j'ai employé comme piles auxiliaires trois piles hydroélectriques différentes, la pile (cadmium-fer), la pile (zinc-cadmium) et la pile de Daniell : ma pile-échelle comprenant en tout quarante couples thermoélectriques (bismuth-cuivre), trois couples hydroélectriques (cadmium-fer), trois couples (zinc-cadmium) et un couple de Daniell.

Les couples de ma batterie thermoélectrique ont été décrits et figurés dans les *Annales de chimie et de physique* (mai 1862) : ils sont formés avec des barreaux de bismuth en fer à cheval qui n'ont que 3 millimètres de diamètre. Les soudures froides ont été maintenues dans des bains d'eau de pluie à la température ambiante, et les soudures chaudes ont été placées dans un bain de paraffine chauffé au bain-marie. La paraffine isole mieux qu'aucune des autres substances dont je m'étais précé-

demment servi et elle a l'avantage de ne dégager aucune odeur à la température de 100°.

La pile hydroélectrique (C*d* — F*e*) dont je me suis servi est disposée comme la pile de Daniell : l'électrode négative est une lame de cadmium; elle est placée dans le vase poreux qui contient une dissolution de sulfate de cadmium. L'électrode positive est un gros fil de fer; il est placé dans le vase extérieur qui renferme une dissolution de sulfate de fer. Les actions chimiques qui se produisent dans cette pile sont plus complexes que celles qui ont lieu dans la pile de Daniell, et j'avouerai que je n'ai pas cherché à les analyser exactement; je me suis borné à constater, ce qui était pour moi le seul point important, que le couple (C*d* — F*e*) peut conserver la même force électromotrice pendant un temps assez long lorsqu'il reste inactif.

Lorsqu'un couple est uniquement destiné à servir d'échelle pour mesurer les forces électromotrices d'autres couples, il importe peu que ce couple soit ou non susceptible de se polariser sous l'influence du courant. Comme les couples qui servent d'échelle ne sont opposés que pendant une fraction de seconde aux couples qu'il s'agit de mesurer et que le courant qui passe pendant cet instant très-court est extrêmement faible, on n'a pas à se préoccuper de la polarisation. Pour qu'un couple puisse servir d'*échelle*, il suffit qu'il conserve pendant un certain temps la même force électromotrice lorsqu'il reste inactif, et le couple (C*d* — F*e*) satisfait à cette condition bien que sa force électromotrice devienne presque nulle en quelques minutes lorsqu'on réunit les deux pôles par un fil d'une faible résistance.

La force du couple (C*d* — F*e*) ne dépasse pas $\frac{Bi - Cu}{0 - 100}$



quand le fer est plongé, comme je l'ai supposé jusqu'ici, dans une dissolution pure de protosulfate de fer; mais on peut augmenter plus ou moins cette force en ajoutant à la dissolution de sulfate de fer des quantités extrêmement minimes d'acide azotique, et les couples (C*d*—F*e*) dont je me suis servi ont été gradués par ce moyen, de telle manière que leur force électromotrice différât peu de 20 $\frac{Bi - Cu}{0 - 100}$. Outre que les couples qui présentent ce degré de force sont d'un emploi plus commode que ne le seraient des couples plus faibles, j'ai reconnu qu'ils sont aussi plus *constants* dans le sens que j'ai indiqué tout à l'heure. J'ai constaté que les couples (C*d* — F*e*) de mon échelle pouvaient rester montés pendant sept à huit jours sans que leur force électromotrice s'abaissât de plus d'une unité. Je ne connais pas de couple hydroélectrique dont la force électromotrice subisse moins de variation dans le même temps.

La pile (zinc-cadmium) a déjà été employée par M. J. Regnauld pour la mesure des forces électromotrices : elle se compose d'une lame de zinc plongée dans une dissolution de sulfate de zinc et d'une lame de cadmium plongée dans une dissolution de sulfate de cadmium; les deux liquides sont séparés comme dans la pile de Daniell, ordinaire par une cloison poreuse. Cette pile est *constante* dans l'acception ordinaire de ce mot, c'est-à-dire qu'elle ne se polarise que faiblement lorsqu'elle est mise en activité même dans le cas où la résistance interposée est sensiblement nulle; mais lorsqu'elle demeure inactive le diaphragme poreux ne s'oppose pas entièrement au mélange des liquides, l'électrode-zinc se recouvre de dépôts de cadmium et la force électromotrice du couple s'affaiblit assez rapidement : pour atténuer cet inconvénient,

j'ai donné au vase extérieur qui recevait l'électrode-zinc un diamètre quatre ou cinq fois plus grand que celui du vase poreux dans lequel était placé l'électrode-cadmium ; mais j'ai reconnu que même avec cette disposition les couples (Zn — Cd) ne peuvent pas rester montés pendant vingt-quatre heures sans que leur force électromotrice s'abaisse de plusieurs unités. En conséquence, j'ai pris le parti de séparer les deux liquides du couple dans l'intervalle des expériences.

Même au moment où ils viennent d'être montés, les couples (Zn — Cd) n'ont pas toujours exactement la même force électromotrice, du moins lorsqu'on emploie, comme je l'ai fait, des métaux pris dans le commerce pour former les électrodes ; ces métaux ne sont jamais chimiquement purs et les petites différences de composition qu'ils présentent suffisent pour faire varier légèrement la force électromotrice. La valeur moyenne de la force électromotrice des couples dont je me suis servi a été environ 62 $\frac{Bi - Cu}{0 - 100}$.

La pile de Daniell donne lieu aux mêmes observations que la pile (Zn — Cd) : elle ne se polarise que très-peu même lorsqu'elle est traversée par un courant énergique ; mais le diaphragme poreux ne s'opposant pas complétement aux mélange des deux liquides, la lame de zinc se recouvre de dépôts de cuivre, lorsque le couple reste monté pendant un certain temps. Il est remarquable que dans la plupart des cas ces dépôts de cuivre ne diminuent pas très-notablement la force électromotrice du couple ; ils sont beaucoup moins nuisibles que les dépôts de cadmium qui se forment sur la lame de zinc dans le cas du couple (Zn — Cd) ; cependant il convient de les éviter, et pour cela j'ai pris les mêmes précautions que dans le

cas de la pile (Zn — Cd); j'ai donné au vase de verre qui recevait la dissolution de zinc un diamètre beaucoup plus grand qu'au vase poreux dans lequel était placée la dissolution de cuivre, et en outre, j'ai tenu les deux liquides séparés dans l'intervalle des expériences.

J'ai employé comme électrodes des lames de zinc et de cuivre prises dans le commerce et je n'ai point amalgamé les lames de zinc; les sels dont je me suis servi étaient purs et dissous dans de l'eau distillée. La valeur moyenne de la force électromotrice des couples que j'ai employés dans le cours de mes recherches a été environ 197 $\frac{Bi — Cu}{0 — 100}$.

Comme on le voit par ce qui précède, aucune des piles hydroélectriques dont j'ai fait usage ne présente une force électromotrice invariable; j'ai donc été obligé de déterminer très-fréquemment la valeur de la force électromotrice de chacun des couples qui faisaient partie de l'échelle dont je me suis servi. Pour arriver à cette détermination, voici la marche que je suis : je mesure d'abord la force électromotrice de chacun des couples (Cd — Fe) au moyen de la pile thermoélectrique (Bi — Cu); puis au moyen des trois couples (Cd — Fe) et de la pile thermoélectrique je mesure la force de chacun des trois couples (Zn — Cd), et enfin je me sers des trois couples (Zn — Cd) et de la pile thermoélectrique pour déterminer la force électromotrice du couple de Daniell.

Cette graduation des piles hydroélectriques qu'il faut répéter chaque jour lorsqu'on veut opérer avec une certaine précision, est une opération longue et délicate que l'on éviterait si l'on avait à sa disposition une batterie thermoélectrique assez puissante pour mesurer directement la force électromotrice de toutes les piles connues.

Mais si l'on voulait continuer à se servir pour cela de la pile thermoélectrique (B*i* — C*u*), il faudrait employer environ 400 couples, et outre que ces 400 couples seraient d'un prix élevé, ils occuperaient un emplacement de 6 à 7 mètres si l'on donnait aux éléments les dimensions que M. Ruhmkorff a coutume de leur donner; une pile de 400 couples nécessiterait d'ailleurs l'emploi d'une multitude de bains dont la surveillance serait extrêmement difficile. J'ai pensé que l'on pourrait remplacer avec avantage la pile (B*i* — C*u*) par la pile (C*u* — F*e*).

Ce dernier couple est de six ou sept fois plus faible que le couple (B*i* — C*u*), et par conséquent il faudrait de 2.500 à 3.000 couples (C*u* — F*e*) pour équivaloir à 400 couples (B*i* — C*u*) ; mais le fer et le cuivre pouvant être employés sous forme de fils fins, 3.000 couples (C*u* — F*e*) tiendraient beaucoup moins de place que 400 couples (B*i* — C*u*). J'ai fait construire par M. Ruhmkorff une pile de 100 éléments (C*u* — F*e*) qui équivaut à 153 éléments (B*i* — C*u*) et qui n'a que 10 millimètres d'épaisseur. 3.000 couples disposés de cette manière formeraient une pile dont la longueur ne dépasserait pas 50 centimètres et qui n'exigerait que deux bains, l'un pour les soudures froides, l'autre pour les soudures chaudes.

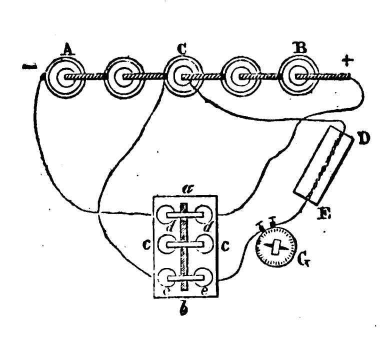
La force électromotrice des couples thermoélectriques (C*u* — F*e*) varie d'un couple à l'autre aussi bien que celle des couples (B*i* — C*u*); mais on pourrait prendre pour étalon un groupe de 100 éléments arbitrairement choisi et donner à tous les autres groupes de la pile une force sensiblement égale, en ajoutant ou en retranchant au besoin un ou deux éléments.

Pour que les soudures de chaque couple puissent prendre rapidement les températures des bains dans lesquels elles sont plongées, il est nécessaire que ces sou-

dures soient à nu et qu'elles fassent saillie en dehors de la masse des enveloppes isolantes qui servent à relier les couples les uns aux autres. Je suis parvenu après quelques tâtonnements à réaliser cette condition d'une manière satisfaisante ; mais il paraît qu'il est assez difficile de construire un groupe de 100 éléments disposés comme celui qui m'a été fourni par M. Ruhmkorff, de telle sorte qu'une pile de 3.000 éléments serait encore d'un prix très-élevé, malgré le peu de valeur des métaux qui entreraient dans sa composition. Pour cette raison j'ai renoncé à faire exécuter cette pile.

Lorsqu'on veut mesurer par la méthode de l'opposition la force électromotrice d'un couple polarisé dans des conditions déterminées, il est nécessaire d'employer quelques dispositions particulières. Comme je l'ai indiqué il y a longtemps (comptes rendus, 24 décembre 1855), la polarisation se détruit rapidement dès que le courant polarisateur cesse de passer, et par conséquent il est indispensable d'opposer le couple polarisé à la pile-échelle au moment précis où le courant polarisateur est interrompu.

Pour atteindre ce but, je fais usage d'un commutateur à bascule qui se compose d'un levier en bois *ab* tournant autour d'un axe horizontal *cc* et de deux petits arcs métalliques qui sont fixés aux extrémités du levier et dont les branches peuvent être alternativement plongées dans les coupes à mercure *dd* ou *ee* suivant la position du levier.



Supposons, par exemple, qu'on veuille mesurer la force électromotrice du couple C qui fait partie d'une pile ACB, après qu'il a été pendant un temps donné traversé par un courant d'intensité déterminée. On mettra d'une part les pôles de la pile ACB en communication avec les coupes *dd* par le moyen de fils ayant une résistance convenable et d'autre part on fera communiquer les pôles de l'élément C avec les coupes *ee*, en interposant dans ce second circuit d'abord la pile-échelle DE, puis un galvanomètre G. Les choses ainsi disposées, on tiendra le circuit de la pile ABC fermé pendant le temps voulu en maintenant plongé dans les coupes *dd* l'arc fixé à l'extrémité *a* du levier; puis lorsqu'on voudra mesurer la force électromotrice du couple C, on fera basculer le petit levier *ab* de manière à faire plonger dans les coupes *ee* l'arc fixé à l'extrémité *b*, puis on ramènera immédiatement le commutateur à sa position première. En opérant ainsi, l'on n'interrompt que pendant un instant l'action du courant polarisateur et l'on obtient à peu près exactement la force électromotrice du couple polarisé. Pendant le temps de la manœuvre, la polarisation éprouve bien encore une légère dimunition et par conséquent la valeur obtenue pour la force électromotrice est un peu plus forte qu'elle ne devrait l'être ; mais lorsqu'on opère rapidement, l'erreur que le procédé comporte est sans importance.

Mesure de la résistance.

On connaît un grand nombre de méthodes pour mesurer la résistance d'une pile et l'on peut employer presque indifféremment l'un ou l'autre lorsqu'il s'agit de piles à courant constant; mais presque toutes se trouvent en défaut lorsque l'on a affaire à une pile variable et surtout

lorsque l'on veut mesurer la résistance d'une pile dans un état de polarisation déterminé. Dans ce cas je mesure, au moyen de mon multiplicateur conique, l'intensité I du courant que la pile peut fournir avec une résistance interpolaire ρ, puis immédiatement après je détermine la force électromotrice E.

Je détermine d'autre part l'intensité I du courant que l'on obtient avec la même résistance interpolaire ρ et le même multiplicateur conique, lorsque le courant est fourni par un couple de Daniell dont la force électromotrice est E et la résistance R'. (Comme la pile de Daniell est constante, sa résistance R' peut être mesurée par l'un des procédés connus.) Avec ces données on peut aisément calculer la résistance R de la pile mise en expérience. En effet, on a

$E = \alpha I (R + \rho)$, α représentant une constante; on a de même

$E' = \alpha I' (R' + \rho)$ et par conséquent

$$R = \frac{E}{I} \frac{(R' + \rho) I'}{E'} - \rho.$$

Cette méthode est assurément compliquée et délicate puisque pour obtenir R il faut mesurer six quantités différentes E, I, E', R', I', et ρ; mais quatre de ces quantités E', I', R', et ρ pouvant être mesurées une fois pour toutes, il n'y a en réalité que deux à déterminer dans chaque cas particulier E et I.

Plan des recherches.

Toutes les expériences que j'ai exécutées peuvent être divisées en deux catégories : les unes entreprises à un point de vue plus particulièrement pratique, ont eu simplement pour objet de constater les variations de force

électromotrice et de résistance que subissent les couples lorsqu'ils sont placés dans des conditions analogues à celles du service télégraphique; les autres ont eu pour but d'analyser les causes de ces variations. Je me bornerai, dans ce premier rapport, à rendre compte des expériences de la première catégorie.

J'ai opéré sur sept couples qui différaient les uns des autres ou par leur composition, ou par leurs dimensions, savoir :

Le couple de Daniell. . .	Modèle unique de l'administration,
Le couple de Callaud. . .	Grand modèle,
Id.	Petit modèle,
Le couple de Marié-Davy.	Grand modèle,
Id.	Petit modèle,
Le couple de Léclanché .	Grand modèle,
Id.	Petit modèle.

J'ai constaté les variations de force électromotrice et de résistance que subissent ces couples : 1° lorsqu'ils restent montés pendant un temps plus ou moins long sans être mis en activité; 2° lorsqu'ils sont traversés pendant un temps plus ou moins long par un courant continu ou discontinu d'intensité donnée.

Dans les expériences où je me suis proposé de comparer une série de couples dans l'état d'activité, je les ai réunis par leurs pôles de noms contraires de manière qu'ils fussent tous parcourus constamment par un courant de même intensité.

Lorsque j'ai voulu obtenir des courants discontinus, j'ai fait usage de l'interrupteur de Foucault : il a été réglé de manière qu'il y eût environ quatre interruptions de

courant par seconde et que la durée de l'interruption fût à peu près égale à la durée de la transmission.

D'après les renseignements qui m'ont été fournis, on emploie généralement dans la télégraphie dix couples de Marié-Davy pour transmettre à 100 kilomètres de distance. Partant de cette donnée, j'ai pu déterminer la valeur moyenne de l'intensité du courant employé dans la télégraphie, et c'est cette valeur que j'ai prise pour unité d'intensité. Elle correspond à la déviation 14° du *multiplicateur conique* dont j'ai fait usage. Le courant qui présente cette intensité dégage par heure 6,35 centimètres cubes de gaz hydrogène lorsqu'il traverse le voltamètre à eau acidulée.

Contrairement à ce qui a été dit dans plusieurs ouvrages, la résistance des piles est à peu près indépendante de l'intensité des courants qui les traversent : la force électromotrice seule varie sous l'influence du courant, et ce sont les variations de cette force qui ont fait l'objet principal de mes recherches. Je vais rendre compte d'abord des expériences entreprises dans le but de constater ces variations, et je ferai connaître ensuite les résultats de mes études sur la résistance.

(*A suivre.*)

LE TÉLÉGRAPHE PNEUMATIQUE.

VIII.

Réseau de Paris.

Réseau actuel. — C'est en 1865 que fut décidé l'établissement des tubes pneumatiques à Paris. Une ligne d'essai entre les deux stations de la place de la Bourse et du Grand-Hôtel (boulevard des Capucines) fut exécutée dans le courant de 1866. La production de l'air comprimé au moyen de l'eau de la ville ayant bien réussi, on projeta d'utiliser le mode nouveau de transmission pour relier la Bourse à la station centrale située rue de Grenelle-Saint-Germain, n° 103.

Pour cela il n'y avait qu'à prolonger la canalisation entre le Grand-Hôtel et la rue de Grenelle; la longueur du trajet ayant paru excessive, on fit escale à un bureau intermédiaire, celui de la rue de Boissy-d'Anglas, et l'on alla ainsi en trois bonds au but indiqué. Lorsqu'on eut *une* communication entre la Bourse et la station Centrale, on en voulut *deux* pour parer à toutes les éventualités, ce qui fit décider la construction des lignes de la Bourse à la rue Jean-Jacques-Rousseau, de celle-ci à l'hôtel du Louvre (rue de Rivoli), de la rue de Rivoli à la rue des Saints-Pères, enfin de ce point à la rue de Grenelle. On avait ainsi l'avantage d'assurer chemin faisant le service de succursales, dont quelques-unes se trouvaient assez encombrées.

L'ensemble de ce travail se termina en 1867. Les lignes furent toutes établies en tranchée dans les rues; elles traversent la Seine aux ponts de la Concorde et des Saints-Pères. Le mode d'installation des sept postes était uniforme, les appareils de production d'air et d'expédition des dépêches appartenant au modèle de la *fig.* 12.

En 1868, le tracé primitif reçut une modification importante. A l'occasion de la suppression du bureau établi rue de Rivoli et reporté sur la place du Théâtre-Français, on fit sortir la station de la rue Jean-Jacques-Rousseau du réseau central, en reliant directement la place du Théâtre-Français à la Bourse. Ainsi se trouvait constitué l'*hexagone* destiné à être parcouru dans l'intervalle de 15 minutes, adopté pour type dans le mode de circulation que nous avons décrit. A partir de ce moment, l'idée d'étendre successivement le réseau pour arriver à une véritable distribution postale des dépêches de Paris pour Paris, fut affirmée dans tous les tracés. Telle n'avait pas été à l'origine la question qu'on avait eu en vue. Dans les préliminaires on s'attachait seulement à créer l'auxiliaire du télégraphe électrique, le distributeur de ses propres dépêches, sans songer à un élément de trafic qui n'était pas d'abord dans le domaine de l'Administration qui poursuivait ces études.

L'établissement de tubes à la place du Théâtre-Français, et la ligne de ce poste à la Bourse, datent de 1868. Pour la première fois on posa les tubes dans les galeries des égouts de la ville (1).

Cette même année vit s'achever l'embranchement de la Bourse à la rue de Lafayette. Les installations à la rue de Lafayette et à la place du Théâtre-Français furent en-

* Déjà, dès 1860, les lignes électriques avaient été installées dans ces galeries.

core calquées sur celle de la *fig.* 12. Il fut toutefois fait à la rue de Lafayette un essai de l'utilisation du vide comme nous l'avons représenté *fig.* 31 et 32; on étendit cette application aux autres bureaux de la Bourse, de la rue Jean-Jacques-Rousseau et de la rue des Saints-Pères.

En 1869, on relia le bureau de l'avenue des Champs-Élysées à celui de la rue Boissy-d'Anglas. L'installation à ce dernier poste de la combinaison du vide avec l'injecteur des *fig.* 36 et 37 permit de desservir le nouveau bureau, sans le pourvoir d'appareils de production d'air comprimé. On essaya en même temps les appareils de réception horizontaux.

L'année 1870 vit s'achever le premier des réseaux secondaires par l'établissement de la ligne de la rue Jean-Jacques-Rousseau à celle des Vieilles-Haudriettes, de celle-ci à la place du Château-d'Eau, de cette place au boulevard Saint-Denis, enfin du boulevard Saint-Denis à la Bourse.

Des turbines (*fig.* 40, pl. X) furent posées à la place du Château-d'Eau et les postes intermédiaires de la rue des Vieilles-Haudriettes et du boulevard Saint-Denis reçurent seulement des appareils de réception du modèle des *fig.* 15 et 16, tandis qu'aux bureaux, *tête de ligne*, on plaçait des appareils comme ceux des *fig.* 17 et 18.

L'inauguration des machines à vapeur à la gare du Nord, et du deuxième réseau comprenant les bureaux de la rue Lafayette, du boulevard Rochechouart, de la gare du Nord et de la rue Sainte-Cécile eut lieu en 1871 ; on a continué sur ce réseau l'application des appareils horizontaux déjà employés sur le précédent.

Avant de desservir de nouvelles succursales, il fallait prévenir un embarras. Le réseau principal sur lequel se trouvent placés le poste central de la rue de Grenelle et

la station de la Bourse, est l'artère commune de la circulation. Si nous voulons greffer de nouvelles branches sur ce tronc, nous allons l'encombrer. Revenons donc à l'idée primitive et établissons une ligne directe entre ces deux points ; voici dans quelles conditions cette communication est installée : on a construit une ligne *double* entre le poste central et la Bourse, l'une pour l'aller, l'autre pour le retour.

Le mode d'exploitation comprend des trains circulaires *omnibus* comme dans le système actuel sur le réseau principal, et des trains *directs* (aller et retour), entre le poste central et la Bourse. Ceux-ci sont expédiés toutes les 3 minutes ; chaque tube est traversé par un courant continu d'air raréfié ou comprimé. Des valves sont placées aux deux extrémités pour permettre l'expédition ou la réception des boîtes.

La ligne directe est installée dans les conditions indiquées ci-dessus, depuis le mois de juillet 1872. Les machines de compression et d'aspiration (pompes à vapeur) sont placées à la rue de Grenelle.

En 1873, on a exécuté la ligne de la place du Théâtre-Français à la rue des Halles, composée de deux tubes servant à l'échange des dépêches dans les deux sens, par la pression du bureau du Théâtre-Français. Il n'y a pas d'appareil de production de force à la rue des Halles, seulement des récepteurs verticaux.

En 1874, le bureau de la place du Havre a été relié à celui du Grand-Hôtel par un seul tube ; la cuve à eau du Grand-Hôtel fait la *pression* ou le *vide*, pour l'aller ou pour le retour. Il n'y a à la place du Havre qu'un appareil de réception vertical.

La *fig.* 50, pl. XIII, résume dans un tableau synop-

tique l'installation spéciale de chaque bureau. Elle fait comprendre le mode d'exploitation adopté.

On voit que sur le réseau principal O, les trains sont *poussés* à *Boissy* par le *Central*, au *Grand-Hôtel* par *Boissy*, à la *Bourse* par le *Grand-Hôtel*, au *Théâtre-Français* par la *Bourse*, aux *Saints-Pères* par le *Théâtre-Français*, au *Central* par les *Saints-Pères*.

Sur le réseau secondaire E, la *Bourse pousse* sur le *boulevard Saint-Denis*, le Château-d'Eau *aspire* du *boulevard Saint-Denis*, et *refoule* à *Jean-Jacques-Rousseau* par l'intermédiaire des *Vieilles-Haudriettes*, enfin la *Bourse aspire* de Jean-Jacques-Rousseau.

Sur le réseau secondaire F, le bureau de *Lafayette* aspire de la *Bourse* et *refoule* au *boulevard Rochechouart*, la *gare du Nord aspire* du *boulevard Rochechouart* et *refoule* à la *Bourse* par l'intermédiaire de *Sainte-Cécile*.

La symétrie complète des deux réseaux E et F montre qu'on peut changer à la fois, pour chacun d'eux, le sens du mouvement.

Les trois embranchements : Boissy — Champs-Élysées, Théâtre-Français — Halles — Grand-Hôtel — Place du Havre, aboutissent sur le réseau principal O, constituant les amorces de nouveaux réseaux secondaires.

En outre de la circulation polygonale ci-dessus, les relations de la rue de Grenelle à la Bourse sont desservies par la double ligne directe, traversée par des trains *express*, expédiés dans chaque sens toutes les trois minutes. Le nombre des dépêches de toute nature, transportées par les tubes, est par mois de 250.000 environ, ce qui donne par jour une moyenne de 8.300. Les stations desservies sont les plus centrales, elles expédient ou reçoivent à peu près les 2/3 des dépêches de Paris.

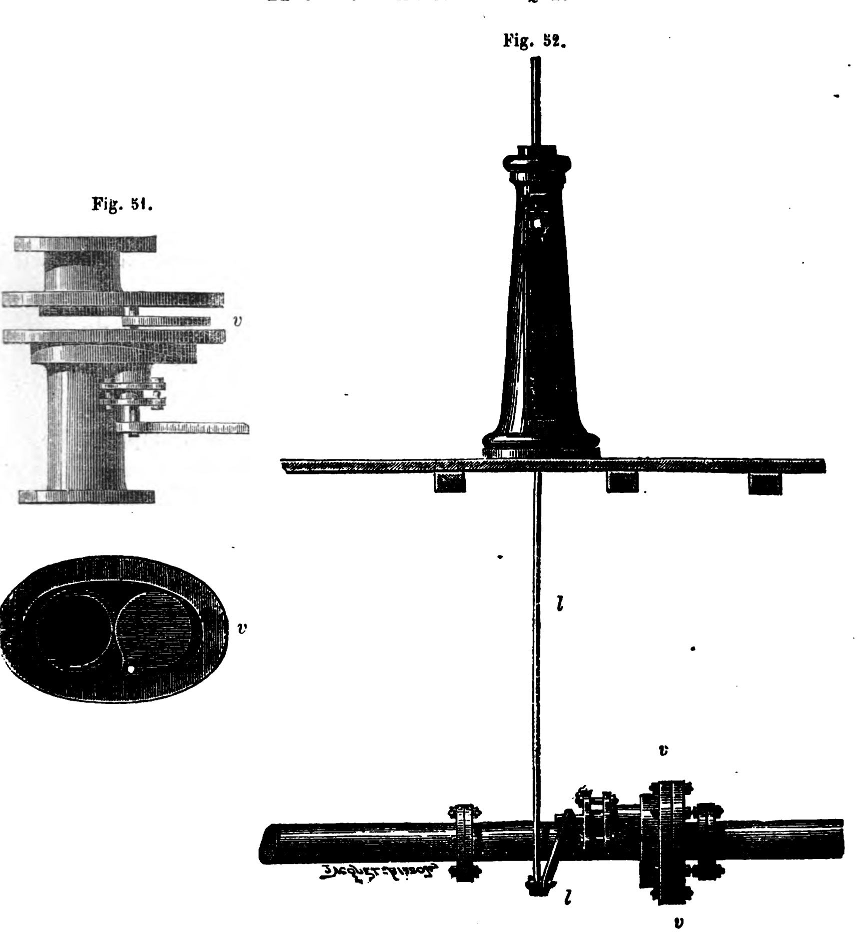
La Bourse à elle seule entre pour plus de 2.500 dans le chiffre de 8.300.

L'Administration a ouvert 45 succursales, il en reste encore 29 à relier au moyen des tubes. La moyenne du temps écoulé entre les heures de dépôt et de remise à domicile, pour les dépêches *omnibus* qui transitent exclusivement sur le réseau, est de 40 à 45 minutes. L'affluence des dépêches est la plus grande à l'heure de midi, qui est celle de la Bourse; il y a cependant des bureaux qui donnent leur plein plus tôt ou plus tard. Cela tient à ce que les divers quartiers de Paris ont chacun une physionomie distincte : les transactions commencent de très-bonne heure à la Halle, et se poursuivent successivement sur les divers marchés; la soirée appartient aux plaisirs.

Nous signalerons encore une disposition *de valve de ligne*, qui est appliquée sur le réseau principal O, aux postes de Boissy et du Grand-Hôtel, et qui permet de pousser un train de la rue de Grenelle à la Bourse, sans utiliser les cuves à eau des postes intermédiaires.

La manœuvre est simple : lorsque le train parti de la rue de Grenelle est arrivé dans l'appareil du bureau de Boissy-d'Anglas, la valve *v*, *fig.* 51, qui est interposée sur la ligne en avant de cet appareil, est fermée par la manivelle *l*, *l*, *fig.* 52, et la pression est maintenue dans toute la section de ligne entre la rue de Grenelle et le bureau de Boissy-d'Anglas.

On transborde ensuite les boîtes dans l'appareil de Boissy, côté du Grand-Hôtel, on tourne un robinet qui établit la communication entre les deux sections de ligne: *Grenelle-Boissy* et *Boissy-Grand-Hôtel*, puis on ouvre la valve *v*, et l'air fourni par la machine à vapeur de la rue



de Grenelle, continue à pousser le train jusqu'au bureau du Grand-Hôtel.

Les mêmes opérations se répètent à ce poste, pour franchir la distance *Grand-Hôtel — Place de la Bourse.*

Réseau projeté. — Dans l'état actuel, les stations voisines de celles du réseau ont déjà le moyen d'y apporter leurs dépêches aux heures d'encombrement. Cette faculté

pourrait même être étendue à toutes les autres, si l'on utilisait les parcours des lignes d'omnibus qui servent pour le transport des voyageurs. La fréquence des voyages de ces voitures permettrait sans peine d'organiser des correspondances qui donneraient des résultats satisfaisants.

Mais ce ne serait là qu'un moyen provisoire, en attendant l'achèvement du réseau.

La *fig.* 53, pl. XIV, nous montre l'ensemble du plan de Paris sur lequel ont été tracés les emplacements des 46 bureaux du télégraphe, ouverts au service privé. Autour de chaque bureau, est figurée la circonscription de distribution.

Les changements à effectuer pour mieux répartir les circonscriptions, en vue de l'achèvement du réseau des tubes, sont peu importants. Ils comporteront :

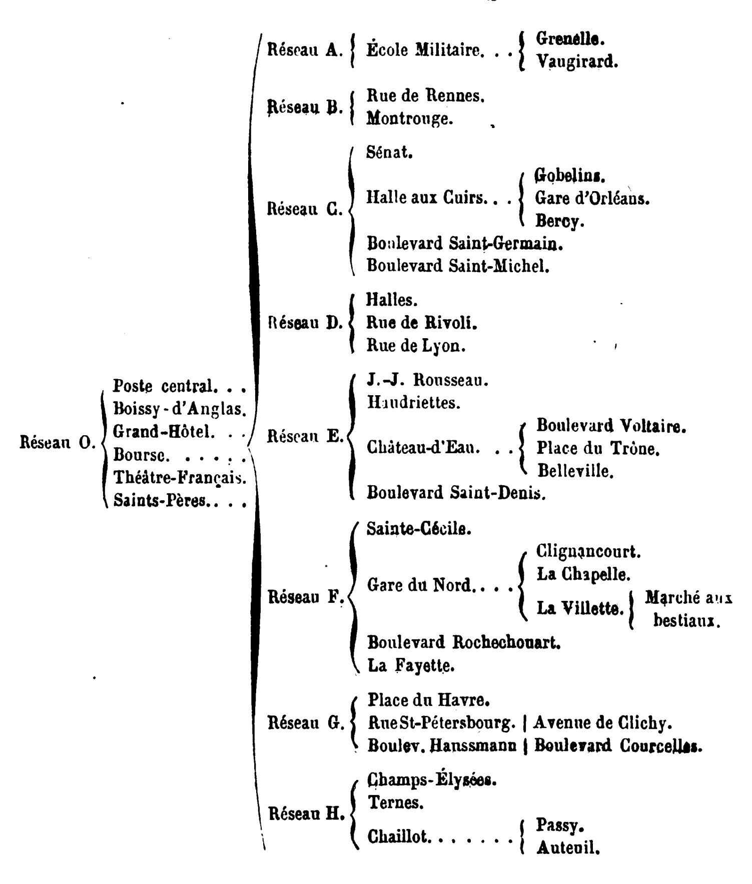
1° La suppression de deux postes, ceux de la *place Vendôme* et de la *gare de l'Est*, trop rapprochés de bureaux déjà reliés ;

2° Le report de celui du *boulevard Malesherbes* au *boulevard Haussmann* pour la même raison ;

3° La création de deux nouvelles stations à *Chaillot* et à *Clignancourt*, pour réduire les circonscriptions qui desservent actuellement ces quartiers.

La *fig.* 54, pl. XV, représente l'application du tracé polygonal au plan ; nous avons déjà 17 stations reliées, il en reste 29, soit environ les 2/3 du travail total.

Le tableau ci-dessous montre la répartition des 46 bureaux dans le réseau principal O, et dans les 8 réseaux secondaires A, B, C, D, E, F, G, H.



Nous ne nous étendrons pas sur le mode d'installation qui conviendra à chaque cas; après les explications données, on s'en fera aisément une idée.

Insistons seulement sur un cas particulier, celui du réseau D. Il se compose de trois rayons consécutifs: *Théâtre Français — Halles, Halles — rue de Rivoli, rue de Rivoli — rue de Lyon.*

Nous le desservirons au moyen de pompes à compression et à vide, actionnées par la vapeur et placées à la

rue de Lyon, dans un local voisin de celui où se trouve la station. L'exploitation sera ainsi réglée : les trains d'aller (montants) seront poussés du Théâtre-Français aux Halles, et *aspirés* des Halles à la rue de Lyon par l'intermédiaire de la rue de Rivoli, les trains de retour (descendants) seront *poussés* de la rue de Lyon au Théâtre-Français à travers les trois sections consécutives.

Mais nous aurons ainsi *six* parcours dans le réseau secondaire, et nous avons posé comme règle que nous ne dépasserons pas le nombre de *cinq*, pour satisfaire toujours, avec de la marge, à la condition que « *la durée du trajet sur les réseaux secondaires, soit égale à l'intervalle des trains sur le réseau principal* ». Pour lever la difficulté, nous serons obligés d'établir un croisement aux Halles ; la ligne double entre ce dernier bureau et celui du Théâtre-Français a été établie dans ce but.

L'ensemble des installations effectuées à ce jour et comprenant, outre les 17 stations ouvertes au service, les amorces des nouvelles lignes et les moyens de production d'air préparés pour desservir une partie de ces lignes, représentent une valeur de près de 1.400.000 fr. ; avec une somme égale, on achèvera ce qui reste à faire.

L'ANÉMOMÈTRE ÉLECTRIQUE

DE M. HARDY

PAR M. GILLET, Chef de station au Puy *.

M. Hardy a été chargé par la ville du Puy de la construction d'un système d'appareils électriques destinés à transmettre automatiquement au poste d'observation, situé au musée de la ville, les indications fournies par un anémomètre placé sur le plateau du Ronzon, distant du musée de 1 kilomètre environ, et élevé de 150 mètres au-dessus du niveau de cet établissement.

Par le *seul fil* électrique reliant l'anémomètre au poste d'observation, il fallait :

1° Enregistrer sur la bande de papier d'un appareil placé dans l'intérieur du musée la vitesse du vent et ses huit directions principales ;

2° Les marquer en même temps sur des cadrans placés à l'extérieur du musée, permettant au public de *lire* à la fois la vitesse du vent, sa direction et de plus les variations barométriques.

L'anémomètre installé sur le plateau du Ronzon se compose d'un mât surmonté d'un moulinet Robinson pour mesurer la vitesse du vent, et d'une girouette pour sa direction.

Le moulinet, formé de quatre demi-sphères creuses

* Voir la livraison précédente, page 471.

placées en croix, tourne horizontalement. Il présente constamment au vent la concavité d'une demi-sphère et la convexité d'une seconde; on comprend dès lors que la première seule reçoit presque en entier l'action du vent, et que le moulinet sollicité sur un seul bras de levier se meut autour de son centre et toujours dans le même sens. La disposition particulière de ce petit appareil a permis depuis longtemps de constater qu'il existe une loi entre le chemin parcouru par le vent et le chemin parcouru par les demi-sphères : celui-ci est le tiers du premier. Connaissant donc le nombre de tours du moulinet par seconde, on en déduit facilement la vitesse du vent.

La girouette a l'aspect d'une roue hydraulique dont le moteur serait, non plus l'eau, mais le vent, roue dont on aurait supprimé les auges transversales, et dont les deux plateaux circulaires seraient munis d'ailettes inclinées semblables à celles d'un moulin à vent. Par suite de cette disposition, la roue tourne autour d'un axe horizontal, et lorsque le vent vient souffler obliquement sur elle, elle peut, en outre, se mouvoir autour d'un axe vertical, jusqu'à ce que présentant sa tranche au vent, et par conséquent venant se placer dans sa direction, celui-ci, comme dans les girouettes ordinaires, cesse d'agir efficacement.

Le moulinet, en tournant, entraîne une roue dentée munie de six goupilles et la fait avancer d'une dent pour chaque tour du moulinet; ces six goupilles frottent successivement sur un ressort; la roue communique avec une pile et le ressort avec la ligne.

Cette roue est un véritable manipulateur envoyant un courant à chaque contact du ressort avec les goupilles, et indiquant par conséquent par le nombre de courants ainsi envoyés dans un temps donné, la vitesse du moulinet qui est le tiers de celle du vent. L'appareil est com-

biné de telle sorte que le passage d'une goupille à la suivante correspond à une vitesse de 2 kilomètres par heure.

Le jeu de la girouette est le même : en tournant elle fait communiquer, selon la direction du vent, un ressort frotteur, successivement avec quatre secteurs métalliques; le ressort est en communication avec une pile, et chaque secteur avec la ligne. Elle constitue encore un manipulateur envoyant un courant sur la ligne à chaque contact du ressort avec les quatre secteurs.

Ceci posé, supposons que dans une période de temps déterminée on veuille transmettre à l'extrémité de la ligne cinq indications bien distinctes : 1° les quatre directions principales du vent ; 2° sa vitesse. Il suffira d'appliquer le principe du distributeur de l'appareil multiple de M. Meyer.

A cet effet, l'anémomètre et le musée sont munis de deux horloges : chacune d'elles fait mouvoir un disque qui vient se mettre en contact successivement avec cinq ressorts, et qui lui-même est en communication permanente avec la ligne; les cinq ressorts du disque de l'anémomètre communiquent avec les quatre secteurs de la girouette d'une part, et d'autre part avec le ressort du moulinet, et les cinq ressorts du disque du musée communiquent avec cinq électro-aimants. De plus, les mouvements des deux horloges sont combinés de telle sorte que les contacts du disque avec les quatre premiers ressorts durent quatre minutes (une minute par contact, ce sont les contacts de direction) et le contact du disque avec le cinquième ressort dure trois minutes (c'est le contact de vitesse). On comprend dès lors que, pendant quatre minutes, la ligne ainsi que les quatre électro-aimants du musée sont mis en communication avec les quatre secteurs

de la girouette, et pendant les trois minutes suivantes, la ligne ainsi que le cinquième électro-aimant du musée sont mis en communication avec le ressort du moulinet. Ces cinq électro-aimants sont disposés de manière à pouvoir pointer sur une bande de papier qui se déroule comme une bande-morse : 1° quatre lignes de points superposés, qui par leur rang représentent les quatre directions du vent (quant aux directions intermédiaires, le N.-O. par exemple, elles sont également réprésentées par la transmission un peu plus rapprochée du point N. et du point O.) ; 2° une seconde série de points représentant les contacts du ressort avec les goupilles du moulinet. Ainsi qu'il a été dit plus haut, chaque contact, et par conséquent chaque point sur la bande, indique exactement une vitesse du vent de 2 kilomètres par heure.

Enfin, quand les sept minutes sont écoulées, trois autres minutes sont consacrées au réglage du synchronisme des deux horloges, qui aurait pu être altéré.

Dans ce but, les deux disques sont montés sur un cadre mobile qui, en s'abaissant, désembraye le disque ; celui-ci revient alors en arrière sollicité par un poids, le cadre mobile reprend sa première position, réembraye le disque, et alors commence une nouvelle série de dix minutes pendant laquelle les indications de direction, de vitesse du vent, et le réglage du synchronisme s'opèrent successivement.

Un troisième appareil reproduit, *pour le public*, les mêmes indications que le premier, mais au lieu de *points* marqués sur une bande de papier, ce sont des lettres isolées ou combinées : N. O. S. E. portées par des palettes. Elles viennent pendant quatre minutes se présenter en regard de petites lucarnes, et disparaissent au bout d'une période de sept minutes.

Quant à la vitesse du vent, elle est indiquée sur un cadran gradué de 2 en 2 kilomètres, et parcouru par une aiguille. Cette aiguille et les quatre palettes de direction reçoivent, celles-ci leur mouvement alternatif, celle-là son mouvement circulaire, des mêmes courants qui, envoyés de l'anémomètre, ont déjà pointé sur le récepteur précédent les directions et la vitesse.

Sur ce troisième appareil, un cadran convenablement divisé selon l'altitude du Puy (650 mètres) et la pression barométrique correspondant à cette altitude, reproduit les mouvements d'une aiguille très-sensible qui oscille, entraînée par un baromètre anéroïde.

Outre la pression ordinaire, ce cadran donne aussi les pressions minima et maxima pendant vingt-quatre heures, au moyen de deux aiguilles supplémentaires entraînées à droite et à gauche par l'aiguille principale, et qui, lorsqu'elles sont abandonnées par elle, restent à leur position, et ne la suivent pas dans son mouvement rétrograde. Ces deux positions fixes sont les maxima et minima de la journée.

Deux fois par jour, à midi et à minuit, un courant envoyé par l'horloge de l'anémomètre passe dans un électro-aimant spécial, ramène les deux aiguilles sous l'aiguille principale, et pendant vingt-quatre heures elles seront de nouveau entraînées par elle.

En résumé, trois particularités intéressantes caractérisent ce système :

1° Transmission *par un seul fil* et à *une distance quelconque* des indications d'un anémomètre qu'il est loisible, en conséquence, de placer sur un point déterminé;

2° *Enregistrement* simultané sur une bande de papier, des directions et de la vitesse du vent;

3° Exactitude dans les résultats obtenus, quels que

soient les accidents qui peuvent survenir dans le synchronisme ; car les horloges se réglant l'une l'autre toutes les dix minutes, les erreurs ne se produisent que pendant une fraction de dix minutes, et ne peuvent pas se continuer.

RAPPORT

DE SIR WILLIAM THOMSON A MM. SIEMENS FRÈRES

SUR

LES ESSAIS DU CABLE DIRECT DES ÉTATS-UNIS

EXÉCUTÉS A LA STATION DE BALLINGSKELLIGS-BAY
les 16 et 17 septembre 1874.

(Traduction de M. Ad. Perrin.)

Mercredi matin, 15 septembre, j'arrivai à Watterville. Je me rendis de là à la station transatlantique de Ballingskelligs-Bay, où je fus reçu par votre électricien, M. Ebel, qui me montra les instruments mis à ma disposition; M. Gavey, surintendant de la compagnie, me prêta obligeamment quelques condensateurs supplémentaires dont j'avais besoin pour mesurer la capacité électrostatique de la ligne. Ayant fait mes préparatifs préliminaires et appris que, d'après des ordres de Londres, le câble devait m'être livré depuis 7 heures jusque vers 10 heures du matin, je retournai passer la nuit à Watterville, après avoir pris rendez-vous au bureau pour 7 heures du matin avec M. Ebel.

Vers 8 heures du matin, le 16, après quelques essais préliminaires des instruments reliés au câble, lequel accusait de forts courants terrestres, je commençai l'essai d'isolement avec une pile de vingt éléments dont les deux pôles étaient constamment réunis par une résistance de 20.000 unités Siemens; mais j'éprouvai une si grande perturbation par l'effet des courants terrestres, qu'il me

fut impossible d'arriver à aucun résultat. J'appliquai d'abord la pile par le pôle zinc à la ligne pendant un quart d'heure, ensuite je mis le câble à la terre pendant 7 minutes, puis je reliai le pôle cuivre au conducteur pendant 20 minutes, et enfin je mis la ligne à la terre pendant 13 minutes.

Pendant tout ce temps, un galvanomètre intercalé dans le circuit du câble indiqua de forts courants, alternativement dans les deux directions et variant avec une grande rapidité du positif extrême au négatif extrême. Pour maintenir les indications de l'instrument dans des limites convenables pour la lecture, j'étais obligé de dériver son cadre dans un rapport assez grand pour réduire la déviation au vingtième environ de ce qu'elle aurait dû être pour obtenir le degré de sensibilité propre à la mesure de la résistance d'isolement. La déviation fut notée toutes les 10 secondes pendant presque toute l'expérience. Un examen attentif de ce relevé ne révéla aucune prépondérance sensible de courant dans le sens dû à la pile, que le pôle zinc ou le pôle cuivre fût à la ligne, et ne fit ressortir aucune différence perceptible dans les courants quand la ligne était mise à la terre directement au lieu d'être reliée au sol par l'un ou l'autre pôle de la pile. Les courants observés étaient fréquemment dix fois, et quelquefois plus de seize fois aussi forts que ce que je reconnus être par la suite le vrai courant de perte, et les courants les plus intenses étaient presque aussi souvent dans une direction que dans l'autre. Le plus fort de tous se présenta dans une des périodes où la ligne était simplement à la terre sans pile. Les valeurs des déviations, prises de minute en minute, montraient que la résistance d'isolement, aussi bien avec le pôle positif qu'avec le négatif à la ligne, ne pouvait être inférieure à un megohm,

et qu'elle n'était probablement pas inférieure à deux megohms.

Je mesurerai ensuite la capacité électrostatique par la méthode que j'ai décrite dans une communication à la Société des ingénieurs des télégraphes, publiée dans les *Comptes rendus* de 1873. J'employai trois de vos caisses de résistance, avec 20.000 unités d'un côté du point mis à la terre, et une résistance variable prise dans une caisse de 10.000 de l'autre côté. Le courant d'une pile bien isolée de quatre-vingts éléments circulait à travers ces résistances. J'avais en tout 80 microfarads avec les condensateurs prêtés par M. Gavey, en outre des nôtres. A l'aide de la pile et des bobines de résistance disposées comme je viens de l'indiquer, le câble, d'une part, et les condensateurs, de l'autre, furent chargés en sens opposés et dans des proportions mesurées, puis reliés ensemble pendant 10 secondes (5 secondes n'auraient pas été un temps suffisant), et ensuite déchargés à la terre à travers le galvanomètre. On employa le galvanomètre d'isolement de M. Ebel avec son arrangement magnétique ordinaire, mais son circuit fut fortement dérivé pour éviter une trop grande sensibilité. Après des essais répétés, je trouvai ainsi que lorsque le câble et les condensateurs étaient chargés à des potentiels opposés dans le rapport de 1.600 à 20.000, et ensuite reliés ensemble, la charge du câble était neutralisée par celle des condensateurs; mais avec le rapport de 1.630 à 20.000, la charge du câble l'emportait; par suite, avec la proportion de 1.615 à 20.000, on devait obtenir l'équilibre, et par conséquent la capacité du câble est

$$\frac{30.000}{1.615} \times 80 \text{ microfarads,}$$

c'est-à-dire 991 microfarads (ou 0.409 microfarads par nœud, la longueur du câble étant de 2.420 nœuds).

Je serais arrivé plus près du rapport exact des charges nécessaires pour obtenir l'équilibre si le câble avait été à ma disposition une demi-heure de plus, ou si je m'étais aperçu en temps utile qu'un des commutateurs que M. Ebel avait mis à ma disposition pouvait, en quelques minutes, être arrangé de manière à donner rapidement les communications nécessaires par une simple manipulation, au lieu de l'organisation incommode que j'improvisai. La rapidité de ce procédé, même avec mes installations encombrantes, est telle qu'on est beaucoup moins troublé par les courants terrestres que dans les essais ordinaires de la résistance d'isolement ou de la résistance du cuivre. Il n'y a, en fait, d'autre perturbation que celle qui peut résulter d'un changement dans le potentiel terrestre le long de la ligne du câble, pendant les 10 (ou 5) secondes, entre le fil isolé du câble et la pile, et quand on décharge le fil relié et le condensateur à la terre à travers le galvanomètre.

J'employai le dernier quart d'heure pendant lequel on me laissa le câble à de rapides mesures de la résistance du cuivre. La ligne était toujours très-influencée par les courants terrestres. Une pile de vingt éléments fut mise pendant 12 minutes sur le câble, d'abord le pôle zinc à la ligne et le cuivre relié à la terre ; on renversa vivement le courant et on le maintint dans sa nouvelle direction jusqu'à 10 heures (instant fixé pour la fin de mes essais). A ce moment, on commença à recevoir les signaux de la station extrême.

Il y eut pendant les 12 minutes une différence de potentiel entre les terres d'Irlande et de la Nouvelle-Écosse, différence variant rapidement en valeur d'au moins cinq

éléments à dix-huit éléments au plus, mais toujours dans le même sens; la terre d'Irlande était positive par rappor à celle de la Nouvelle-Écosse. La méthode du pont ne pouvait conduire à aucun résultat, étant donné l'état de la ligne; mais la simple méthode des déviations (la seule convenable pour mesurer la résistance du cuivre dans un câble immergé), dans laquelle on prend la différence des déviations immédiatement avant et aussitôt après l'inversion du courant, donne un résultat approximatif, que je déterminerai en nombre rond égal à 7.800 unités Siemens.

Le câble m'ayant été rendu le 17 depuis minuit jusqu'à 2 heures du matin, je fis une autre série d'essais dans cette période, principalement dans le but de mesurer la résistance d'isolement. Je trouvai la ligne dans un état de perturbation beaucoup moins grand, et je pouvais exécuter un essai d'isolement très-satisfaisant par la méthode ordinaire du galvanomètre. Cependant, ne pouvant employer un électromètre, j'appliquai aussi une nouvelle méthode que je combinai pour le cas éventuel où la ligne serait assez troublée par les courants terrestres pour rendre sans valeur l'essai ordinaire, sans que la perturbation fût suffisante pour vicier un essai électrométrique. Ce procédé qui, je pense, sera généralement utile pour essayer des câbles immergés, quand il n'y pas avantage à employer l'électromètre, consiste dans les opérations suivantes :

1° Exécuter l'essai ordinaire par la pile et le galvanomètre pendant un certain temps.

2° Isoler le câble pendant un certain temps, et introduire une dérivation dans le circuit du galvanomètre pour préparer l'essai n° 3 (à moins qu'on n'ait à sa dis-

position un second galvanomètre spécialement construit pour les décharges).

3° Réappliquer subitement la pile au câble à travers le galvanomètre servant à prendre l'isolement, celui-ci étant convenablement dérivé (ou un galvanomètre spécial de décharge), et noter le maximum de l'impulsion soudaine qui se produit.

4° Répéter les opérations 1, 2 et 3 aussi longtemps qu'on le juge à propos, suivant les circonstances.

5° Déterminer la constante ballistique propre du galvanomètre pour utiliser le résultat de l'observation n° 3, c'est-à-dire trouver le maximum de l'impulsion subite qui a lieu quand on produit un changement subit dans l'électrification, en faisant varier d'une petite quantité mesurée le potentiel d'une des électrodes du galvanomètre, l'autre électrode étant reliée au câble.

6° La variation de potentiel qui, dans l'expérience n° 5, donne la même déviation que dans l'essai n° 3, est égale au changement de potentiel qu'a éprouvé le conducteur du câble pendant son isolement dans l'expérience n° 2. Avec cette donnée, on calcule l'isolement en ohms ou en megohms, comme dans la méthode ordinaire d'essai par l'électromètre, quand on connaît la capacité électrostatique du câble.

Le 17 au matin, à 12h 2', la pile de vingt éléments qui me servait pour l'isolement (et dont les pôles étaient encore reliés, comme dans les occasions précédentes, à travers une résistance de 20.000 unités Siemens) fut appliquée par son pôle zinc au câble, le courant traversant le galvanomètre d'isolement muni d'une dérivation de 5.000 unités.

A 12h 2' 50", on releva la déviation et l'on continua à le faire toutes les 10 secondes jusqu'à 12h 6'; le câble fut

alors isolé pendant une minute, conformément à la règle n° 2, et l'on substitua une dérivation de 30 unités à celle de 5.000. A 12^h 7', on lança encore subitement le courant de la pile sur le câble, on inscrivit l'impulsion du galvanomètre (expérience n° 3), et l'on remplaça la dérivation de 30 unités par celle de 5.000. La pile fut maintenue jusqu'à 12^h 8'; le câble fut encore isolé pendant une minute, le galvanomètre dérivé avec 50 unités (au lieu de 30, comme précédemment), et l'expérience n° 3 répétée. On continua ainsi de minute en minute, jusqu'à 12^h 26', à envoyer le courant sur la ligne et à isoler le câble. Ensuite on consacra 5 minutes à déterminer, comme il a été dit au n° 5, la constante ballistique propre du galvanomètre, en employant successivement toute la puissance de la pile d'isolement et les 49/50 de cette puissance; le passage d'une force de pile à une autre doit toujours s'effectuer aussi vite que possible. Enfin la dérivation 5.000 fut rétablie à 12^h 31' pour l'essai d'isolement, et dans une période supplémentaire, de 12^h 32' à 12^h 34', on renouvela les expériences alternées décrites plus haut; puis la ligne fut mise à terre pour préparer une nouvelle épreuve d'isolement avec le pôle cuivre sur le câble.

On prit trois ou quatre déviations du galvanomètre, généralement quatre, pour l'essai ordinaire d'isolement, à intervalles de 10 secondes dans la seconde moitié de chacune des minutes pendant lesquelles la pile fut appliquée. Douze déviations enregistrées à 10 secondes d'intervalle pendant les deuxième et troisième minutes donnèrent pour moyenne 127, et les déviations prises pendant les secondes moitiés des quatrième, huitième, dixième, douzième, quatorzième, seizième, dix-huitième, vingtième, vingt-deuxième et vingt-quatrième minutes atteignirent une moyenne de 82,1. La sensibilité du galvano-

mètre, dans les conditions où il fut employé pour ces observations, était telle, qu'une déviation de 290 divisions aurait été produite par la pile actuelle à travers une résistance de 10^6 unités Siemens. Par suite, les résistances d'isolement déduites de ces déviations moyennes ont les valeurs suivantes :

Moyenne des déviations.		Résistance d'isolement.	
127	(2ᵉ et 3ᵉ minute). . . .	$2,28 \times 10^6$	unités Siemens.
82,1	(4ᵉ, 6ᵉ, ... 24ᵉ minute).	$3,54 \times 10^6$	

La nouvelle méthode décrite plus haut donna les déviations ballistiques suivantes, ou *impulsions :*

Fin de la	5ᵉ	minute. .	70	divisions.
—	7ᵉ	—	102	—
—	9ᵉ	—	102	—
—	11ᵉ	—	109	—
—	13ᵉ	—	67	—
—	15ᵉ	—	52	—
—	17ᵉ	—	92	—
—	19ᵉ	—	102	—
—	21ᵉ	—	110	—
—	23ᵉ	—	102	—
Moyenne.			89,8	
Soit en nombre rond			90,0	

La déviation ballistique obtenue par le changement instantané de potentiel au $\frac{1}{40}$ de celui de la pile d'isolement, suivant la règle du nº 5, atteignait 112 divisions. C'est une fois 1/4 la valeur trouvée ci-dessus (90), ce qui indique par conséquent une variation de potentiel égale au $\frac{1}{50}$ de celui de la pile.

Par suite, la moyenne des décroissances du potentiel dans les 10 minutes alternées pendant lesquelles le câble fut isolé était le $\frac{1}{50}$ du potentiel existant au commencement de chacune de ces minutes, ou à peu près le $\frac{1}{50}$ du potentiel moyen pendant chaque minute considérée. Donc la perte atteignait la proportion de $\frac{1}{50}$ par minute,

ou de $\frac{1}{3000}$ par seconde. Maintenant j'avais déjà trouvé que la capacité électrotastiqne du câble est 991 microfarads, par conséquent la résistance d'isolement donnée par la fraction moyenne $\frac{1}{3000}$ est $\frac{3000}{991} = 3.027$ megohms, ou 3.170.000 unités Siemens.

Ce résultat concorde autant qu'on pouvait l'espérer avec le nombre de

3.540.000 unités Siemens

déduit des moyennes des déviations galvanométriques prises pendant les minutes alternées où le câble était relié à la pile.

A la fin de l'expérience faite avec le pôle zinc à la ligne, on mit le câble à terre pendant deux minutes jusqu'à 12^h 36′. On fit ensuite une série semblable d'essais avec le courant positif de la même pile de 20 éléments. Ces expériences furent beaucoup troublées par une nouvelle arrivée de courants terrestres (moins vive que le matin précédent), mais qui survint soudainement vers la fin de la quatrième minute d'électrisation et arrêta presque le courant de perte (lequel donnait une résistance d'isolement apparente de 7 millions d'unités). On commença alors le nouvel essai ballistique que l'on continua par minutes alternées comme précédemment. La première déviation ballistique montra une résistance apparente de 5 millions d'unités, et la seconde une augmentation de potentiel (se rapportant, évidemment, à la terre de Ballingskelligs-Bay) pendant la minute d'isolement. On eut alors, jusqu'à 12^h 52′ 30″, 10 minutes de calme relatif; à ce moment le courant de perte de la pile fut rapidement ramené à zéro et changé de sens; une vive succession de violentes oscillations se produisit pendant près de 1 minute

et demie, projetant l'index lumineux en dehors de l'échelle, alternativement à droite et à gauche du zéro, à des intervalles irréguliers de 10 ou 15 secondes.

Vers $12^h\,56'$, il y avait toujours de grandes déviations, mais non d'aussi rapides pulsations ; on en profita pour établir une dérivation qui permît d'observer la grandeur des déviations, et l'on vit qu'elles atteignaient fréquemment de dix à quarante fois la valeur du courant propre de perte, tantôt en sens contraire et tantôt dans le même sens. La perturbation diminua graduellement jusqu'à $1^h\,7'$; le câble fut alors déchargé pour le disposer à la mesure de capacité et à la mesure de la résistance du cuivre.

Nonobstant l'état très-agité de la ligne, les moyennes des observations prises entre $12^h\,39'$ et $12^h\,53'$ donnent des résultats satisfaisants quant à l'isolement. Ainsi, la moyenne des 24 déviations enregistrées dans l'essai ordinaire au galvanomètre, pendant cet intervalle qui s'étendait de la fin de la quatrième minute à la fin de la seizième minute d'électrisation était 112,2, ce qui correspond à une résistance d'isolement de 2.585.000 unités Siemens.

Les déviations ballistiques observées avaient les valeurs suivantes :

Fin de la	5ᵉ	minute. .	+ 52	divisions.
—	7ᵉ	—	— 10	—
—	9ᵉ	—	+ 80	—
—	11ᵉ	—	+ 160	—
—	13ᵉ	—	+ 92	—
—	15ᵉ	—	+ 102	—
—	17ᵉ	—	+ 62	—
			538	
	Moyenne		77	

Ce chiffre, avec la constante ballistique déterminée

comme on l'a vu plus haut, donne 3,52 megohms, ou 3.690.000 unités Siemens pour la valeur de la résistance d'isolement.

La mesure déjà décrite de la capacité électrostatique fut répétée et confirma le résultat précédent, mais le temps manquait pour arriver à une exactitude plus grande dans cette détermination.

Enfin, on mesura la résistance du cuivre par la méthode du simple galvanomètre. Le galvanomètre d'isolement, pourvu d'un arrangement magnétique qui rendait la mesure trois ou quatre fois plus rapide (disposition que j'ai aussi employée dans mes essais d'isolement), et muni d'une dérivation de 20 unités, fut introduit dans le circuit entre la ligne, la pile et la terre. On observa et l'on nota la déviation chaque 10 secondes pendant tout l'essai, qui dura de $1^h 36' 30''$ à $1^h 58'$. Comme on s'y attendait, les courants terrestres causèrent de grandes et rapides variations dans les déviations. La direction de ces courants était constamment de l'est à l'ouest; elle ressortait de ce fait que le courant positif était toujours plus grand et le courant négatif toujours moindre que le vrai courant moyen déduit des observations. Le courant terrestre augmenta graduellement (en éprouvant cependant quelques petites pulsations en arrière), depuis $1^h 26' 30''$, moment où sa force électromotrice, due à une différence de potentiel entre les terres de Ballingskelligs et de Torbay, était égale au potentiel d'un élément sept dixièmes, jusqu'à $1^h 58'$, où elle était plus de cinq fois aussi forte et équivalait au potentiel de 9 éléments. La terre d'Irlande était tout le temps positive par rapport à la terre de la Nouvelle-Écosse.

Pour mesurer la résistance du cuivre, on choisit un moment de tranquillité relative. On observa la déviation,

et ensuite, aussi rapidement que possible, le court circuit du galvanomètre fut fermé, le courant renversé, le galvanomètre remis dans le circuit et l'on nota la nouvelle déviation. On prit la moitié de l'espace parcouru par l'index lumineux de l'extrémité de la première oscillation à l'extrémité de la seconde comme représentant la déviation qu'aurait produite la pile mise à la ligne par l'un ou l'autre de ses pôles, s'il n'y avait pas eu de courants terrestres *.

L'opération fut répétée sept fois ; voici les déviations trouvées de cette manière :

	235
	231
	229,5
	234,5
	231
	235
	230
Moyenne.	232,3

A $2^h 2'$, je trouvai que la même pile envoyée dans le galvanomètre successivement dans les deux directions donnait, à travers une résistance de 7.300 unités Siemens, 232 divisions d'un côté du zéro et 233 de l'autre ; en moyenne, 232,5. Par suite, la résistance du cuivre déduite de cette observation est de :

$$7.300 \times \frac{232,5}{232,3} = 7.306 \text{ unités Siemens.}$$

* En supposant qu'il n'y ait pas d'erreur provenant des instruments, la seule erreur qui puisse influencer ce procédé est la variation du courant terrestre entre la première et la deuxième lecture, ce qui montre l'importance qu'il y a à opérer rapidement, et l'utilité du galvanomètre « *amorti* » (apériodique) pour de telles observations. En ce qui concerne le câble, il résulte de ma théorie mathématique que 5 secondes suffisent amplement, depuis le moment de l'inversion jusqu'à la seconde lecture, pour avoir la certitude qu'il n'y a pas d'erreur sensible sur la valeur du courant qui n'a pas une intensité parfaitement uniforme pen-

RÉSUMÉ DES ESSAIS DES 16 ET 17 SEPTEMBRE.

Résistance d'isolement		
du câble entier de 2,420 nœuds	dans la 2ᵉ et la 3ᵉ minute	2 millions 1/4 d'unités Siemens, ou 5.445 millions par nœud.
	de la 4ᵉ à la 24ᵉ minute	3 millions 1/2 pour 2.420 nœuds, soit 8.470 millions par nœud.
Résistance du cuivre		
de la ligne entière.		7.300 unités Siemens, ou 3,02 unités par nœud.
Capacité électrostatique		
de la ligne entière.		991 microfarads, ou 0,4095 (sensiblement 0,41) par nœud.

Dans les préparatifs et les observations nécessitées par les essais que j'ai décrits, j'ai reçu un concours habile et efficace de votre électricien, M. Ebel, et de son aide ; je saisis cette occasion pour vous exprimer tous mes remerciements pour la patience et les soins qu'ils ont prodigués dans les séries d'opérations quelque peu difficiles et fatigantes que je leur ai demandées.

Comme conclusion, je suis heureux de dire que mes essais prouvent que l'isolement du câble est excellent, et lui assignent une capacité électrostatique et une résistance de cuivre assez petites pour assurer une rapidité de transmission qui, pour un câble transatlantique d'une aussi grande longueur, constitue un résultat aussi remarquable qu'avantageux.

Signé William THOMSON.

Université de Glasgow, 23 septembre 1875.

dant cet intervalle. Mais si l'on se sert du galvanomètre *astatique à miroir* habituel, on met plus de 5 secondes à prendre la deuxième lecture à cause des oscillations de l'aiguille. Avec le galvanomètre amorti on peut aisément prendre la deuxième déviation dans un intervalle de 5 secondes après la première.

RECHERCHES

SUR

L'ÉTINCELLE D'INDUCTION ET LES ÉLECTRO-AIMANTS

APPLICATION AUX CHRONOGRAPHES ÉLECTRIQUES;

PAR M. MARCEL DEPREZ *.

Ayant été chargé par l'Inspection générale de l'Artillerie de la marine d'étudier les moyens d'appliquer l'électricité à l'enregistrement des phases successives d'un phénomène très-rapide, tel que le trajet d'un projectile dans l'âme d'une bouche à feu, j'ai dû faire un examen comparatif des procédés existants. Ces procédés sont fondés sur trois propriétés différentes des courants électriques : l'aimantation du fer doux, les décompositions électrochimiques et la production d'étincelles au moyen de courants induits. Je vais passer rapidement en revue les avantages et les inconvénients respectifs de chacun de ces procédés, et terminer par l'exposé de mes recherches personnelles sur les enregistreurs électromagnétiques.

1° *Emploi des électro-aimants.* — Les premiers chronographes électriques (Wheatstone, Constantinoff, etc.) possédaient comme organe enregistreur un électro-aimant dont l'attraction, au moment de la fermeture du courant, mettait en mouvement un style appuyé contre

* Extrait du *Journal de physique*, communiqué par l'auteur.

un cylindre enduit de noir de fumée. Dans les chronoscopes Navez, Le Boulengé, etc., on n'emploie que la rupture du courant. Les inconvénients inhérents à l'usage des électro-aimants tels qu'on les a employés jusqu'à présent sont : le magnétisme rémanent, la lenteur de leur désaimantation et surtout de leur aimantation, et, par suite, le retard de leur indication, retard qui est variable avec l'intensité du courant; enfin la faible vitesse imprimée aux styles traceurs ne permet pas d'imprimer au cylindre sur lequel se fait l'enregistrement la vitesse considérable qui est exigée dans les expériences de balistique intérieure où l'on doit pouvoir mesurer avec certitude le $\frac{1}{100000}$ de seconde. Ce sont ces inconvénients qui ont fait abandonner les chronographes de Constantinoff, Martin de Brettes, Glasner et Regnault.

2° *Emploi des propriétés chimiques du courant.* — On sait que le passage du courant à travers un style de fer, appuyé contre une feuille de papier humide imbibée de cyanure de potassium, détermine à la surface du papier la production d'un trait bleu qui cesse dès que le courant est interrompu. En faisant varier la composition des substances dont le papier est imbibé, ainsi que la nature de l'électrode, on peut obtenir des traces de différentes couleurs. Cette propriété des courants a été employée dans plusieurs télégraphes, et en particulier dans les télégraphes autographiques; mais elle a l'inconvénient d'exiger un courant de grande tension et un papier dont le degré d'humidité soit toujours le même. En effet, quand il n'est pas assez humide, le courant est trop affaibli; quand, au contraire, il est trop humide, il se déchire, et en outre les traces deviennent étalées et diffuses. Enfin l'électrode servant de style conserve à sa surface, pendant le passage du courant, une couche de matière

colorante qui continue à tacher le papier même quand le courant est rompu. Ces inconvénients, peu importants pour la télégraphie, deviennent très-graves dans un chronographe où les traces doivent toujours être d'une grande netteté. Aussi l'emploi des propriétés chimiques du courant, qui avait paru d'abord résoudre la question (M. du Moncel a construit un chronographe de ce genre), a-t-il été abandonné, non-seulement dans les chronographes, mais aussi dans les télégraphes.

3° *Emploi de l'étincelle d'induction.* — L'étincelle d'induction jaillissant contre un cylindre argenté enduit de noir de fumée laisse à la surface une auréole au centre de laquelle se trouve un point brillant extrêmement petit et que l'on peut pointer avec une grande précision. J'ai essayé de mesurer le retard de l'étincelle par le procédé qui sera décrit dans le prochain paragraphe, et j'ai trouvé que ce retard est inférieur à $\frac{1}{10000}$ de seconde. Quand la distance explosible est très-petite ($\frac{1}{4}$ de millimètre par exemple), ce retard devient tout à fait inappréciable, parce qu'il se confond avec les déviations de l'étincelle. En effet, cette dernière ne suit pas, pour aller frapper le cylindre, le chemin qui est géométriquement le plus court, mais bien celui qui est *électriquement* le plus court, c'est-à-dire le chemin de moindre résistance. De là des déviations qui ne sont pas négligeables, et dont le sens et la grandeur ne sauraient être prévus.

Un autre inconvénient de l'étincelle est d'être souvent suivie d'une foule de petites étincelles parasites formant comme une queue; ces étincelles prouvent que la décharge du fil induit n'est pas instantanée. Il résulte de là que si l'on voulait mesurer la durée d'un phénomène très-court dont l'origine et la fin devraient être indiquées par deux étincelles distinctes jaillissant du même fil, la

deuxième étincelle pourrait être confondue avec les étincelles parasites accompagnant la première. Il arrive même souvent que le trait de feu produisant l'étincelle principale se divise en deux ou trois autres traits produisant chacun une trace sur le cylindre, de sorte qu'on ne sait absolument lequel choisir. Ces inconvénients, déjà observés depuis longtemps, sont bien plus graves encore lorsque le cylindre est recouvert d'une feuille de papier enfumé destinée à conserver la trace des expériences. J'ai constaté, en effet, que même lorsqu'on amène le fil d'où jaillit l'étincelle *au contact* du papier, de façon à en faire un véritable style frottant, l'étincelle n'éclate pas au point de contact, mais bien à une distance de ce point qui varie capricieusement d'un moment à l'autre et qui peut atteindre $\frac{1}{2}$ millimètre.

Comme je l'ai déjà dit, le retard de l'étincelle, c'est-à-dire l'intervalle de temps qui s'écoule entre le moment où le courant inducteur est rompu et le moment où l'étincelle éclate, est généralement inférieur à $\frac{1}{10000}$ de seconde. Il ne faudrait pas conclure de là que l'on puisse produire 10.000 étincelles par seconde, car le temps pendant lequel le courant inducteur doit être fermé pour que la rupture produise un courant induit de tension suffisante est très-supérieur à $\frac{1}{10000}$ de seconde. Toutes les personnes qui se sont servies de la bobine de Ruhmkorff savent que, lorsque les interruptions du courant deviennent très-rapides, les étincelles deviennent de plus en plus petites et finissent par ne plus éclater. En faisant passer le courant inducteur produit par trois éléments Bunsen dans un diapason de 250 périodes par seconde, j'ai pu obtenir également 250 étincelles; mais elles étaient fort petites, et il n'est pas probable que ce nombre puisse être dépassé de beaucoup, à moins d'augmenter

considérablement la force de la pile. On peut faire, d'ailleurs, une expérience frappante qui montre nettement que la production de l'étincelle exige un courant inducteur d'une durée appréciable. En effet, si l'on attache aux masses métalliques de deux marteaux d'acier les extrémités du fil inducteur, coupé pour cela en un point quelconque de sa longueur, et si l'on vient à les frapper l'un contre l'autre, le courant sera fermé par suite du choc; mais, quelque violent que soit ce dernier, aucune étincelle ne jaillira. Cette expérience prouve que la durée du choc est inférieure au temps pendant lequel le courant inducteur doit passer pour que sa rupture produise une étincelle. Il est bien évident, d'ailleurs, que ce temps est d'autant plus petit que la pile est plus forte; mais on serait conduit, pour obtenir des étincelles se succédant à $\frac{1}{10000}$ de seconde d'intervalle, à employer une pile extrêmement puissante. Aussi tous les expérimentateurs qui ont voulu appliquer la bobine d'induction à l'enregistrement de phénomènes extrêmement rapides ont-ils employé un nombre de bobines égal au nombre de signaux qu'ils voulaient obtenir. Dans le chronographe construit sur les plans du capitaine Noble pour des recherches de balistique intérieure, le nombre des bobines est de huit, chacune d'elles donnant un signal indépendant quand le projectile passe devant un point de l'âme déterminé. Cela entraîne nécessairement l'usage de huit piles indépendantes. J'ajouterai que la production de l'étincelle est un phénomène capricieux qui dépend beaucoup de la manière dont la rupture est faite.

(*A suivre.*)

MODIFICATIONS APPORTÉES AUX ÉLECTRO-AIMANTS

PAR M. HÉQUET *.

Dans le numéro de septembre-octobre des *Annales télégraphiques*, nous avons indiqué un moyen nouveau pour enlever aux électro-aimants leur magnétisme de polarisation, tout en leur conservant la force attractive nécessaire à leur but. Les recherches que nous avions faites pour atteindre ce résultat avaient porté exclusivement sur le modèle employé par l'administration française, et dont la culasse, égale en poids à chacun des noyaux, mesure 10 millimètres sur 12 de côté.

Ce genre de culasse, par sa forme particulière et le rapport de ses dimensions avec celles des noyaux, se prête avantageusement à la modification dont il s'agit.

Mais lorsque nous avons voulu appliquer la même transformation aux électro-aimants à culasse plate, dont le modèle est aussi très-répandu, nous avons immédiatement reconnu que la forme de cette culasse est moins favorable à notre système. Il faut, en effet, dans ce cas, pour obtenir une réduction suffisante du magnétisme de polarisation, doubler l'épaisseur du corps destiné à isoler les noyaux de la culasse, ce qui diminue dans une trop grande proportion leur influence réciproque, et par suite la force primitive de l'électro-aimant.

Cet inconvénient, qui résulte d'un défaut de rapport entre les dimensions de la culasse plate et les noyaux,

* *Voir* même volume, pages 423 et suiv.

peut toujours être facilement supprimé si l'on substitue à celle-ci une culasse de forme carrée et possédant la masse voulue. Mais lorsque les dispositions de l'appareil ne comportent pas cette substitution, on obtient le même résultat, c'est-à-dire on ramène la force de l'électro-aimant au degré nécessaire en ajoutant à chaque extrémité des noyaux voisine de la culasse un carré de fer doux de 3 millimètres environ d'épaisseur, et dont le côté soit à très-peu près égal à la largeur de la culasse. Le corps non magnétique, destiné à isoler celle-ci des noyaux, reste placé entre elle et les carrés de fer doux, ces derniers devant faire corps, par juxtaposition, avec les noyaux mêmes. A l'aide de cet artifice, assez simple du reste, nous avons pu doubler la force attractive d'un électro-aimant à culasse plate et isolée.

Il est facile de constater en outre qu'une plus grande épaisseur donnée aux appendices n'augmente pas d'une manière sensible la puissance de l'électro-aimant ; dans la pratique, celle de 2 à 3 millimètres suffit.

CHRONIQUE.

Télégraphie sous-marine.

Le câble direct des États-Unis. — Le câble direct des États-Unis a été heureusement réparé et la communication rétablie dès le 4 novembre. Les deux compagnies ont mis leurs dépêches à 3 shillings par mot, entre Londres et Brest d'une part et New-York de l'autre.

(*Telegraphic Journal.*)

— La réparation a été faite par *le Faraday.* Le bout de l'est a été retrouvé le 31 octobre et fixé à une bouée; le bout de l'ouest, le 1er novembre. Des deux côtés de la rupture, le câble était dans de bonnes conditions. Un violent coup de vent ne permit de faire l'épissure que le 4. Les portions repêchées après quinze mois d'immersion ont paru en parfait état; la rupture était par 70 brasses de fond et semble avoir été causée par une ancre ou un grappin.

(*Telegrapher.*)

Amérique. — Key-West, 1er novembre. — Le steamer porte-câble *Professor Morse*, de la compagnie télégraphique internationale de l'Océan, est parti ce matin pour New-York, après avoir terminé la pose du nouveau câble entre Key-West et Punta-Rasa et réparé le deuxième câble. Ce travail établit une double communication télégraphique avec la Havane et les autres Antilles, ainsi qu'avec les autres systèmes télégraphiques de l'Amérique du Sud par l'intermédiaire des nouveaux câbles entre Demerara et Para et celui de Para à Pernambouc se reliant aux lignes de Rio-Janeiro, Montevideo et Valparaiso.

(*Journal officiel.*)

Australie du Sud. — Le télégraphe automatique de Wheatstone a été essayé avec succès entre Adélaïde et Melbourne ; il est en service sur une ligne de 500 milles de long, de Sidney à Tenterfield, sur la frontière des Nouvelles-Galles du Sud.

(*Engineering.*)

Nouvelle-Zélande. — La compagnie *Eastern Extension Australasia and China telegraph* va ajouter au réseau qu'elle possède dans les mers de l'extrême Orient une ligne sous-marine d'Australie (Botany-Bay) à la Nouvelle-Zélande (Nelson).

La construction et la pose de ce nouveau câble sont confiées à la compagnie *Telegraph Construction and Maintenance.*

Le steamer *Edinburgh* a dû quitter l'Angleterre le 5 octobre et le steamer *Hibernia* a dû suivre dans les premiers jours de novembre en emportant à sa destination le câble dont la pose sera effectuée, on l'espère, au commencement de l'année prochaine.

Service télégraphique de la Cochinchine.

Saïgon, le 20 septembre 1875.

La crue périodique du Mékong est très-forte cette année. Le Cambodge est inondé sur une étendue considérable. Les transactions commerciales sont même suspendues depuis quelques jours à Pnumpenh. Aucun accident n'a eu lieu, les indigènes étant très-habiles pour exhausser leurs cases, bâties sur pilotis, au fur et à mesure de l'élévation du niveau du fleuve. Il est, à Pnumpenh, dans le bras du lac, de 14 mètres et dans le grand bras de 17 mètres. L'eau monte de $0^m,16$ à $0^m,17$ par 24 heures. A Chaudoc (Cochinchine), le fleuve atteint une hauteur de 18 mètres.

Les travaux sont forcément interrompus. On a dû même suspendre l'abatage des bois pour la ligne projetée de Longxuyen à Cantho.

Malgré le mauvais temps, le service fonctionne avec régularité.

Les ports de Hanoï et Haïphong (Tonkin) ont été ouverts au commerce européen à la date du 15 courant. Un certain nombre de vapeurs chargés de produits français se sont immédiatement dirigés sur ces deux points. On fonde pour notre commerce de grandes espérances sur le Tonkin, pays riche par lui-même et confinant, en outre, à la province chinoise du Yunnan, dont les mines de cuivre et d'étain sont célèbres dans ces parages.

Service télégraphique de la Nouvelle-Calédonie.

Nouméa, le 23 août 1875.

L'établissement des communications télégraphiques entre le chef-lieu et les trois principaux centres de la colonie, Ouaraï, Bouraï et Canala, est terminé. Voici un résumé du travail ainsi accompli :

Les travaux ont commencé au delà de Païta avec un seul atelier le 29 octobre 1874, simultanément avec l'étude du tracé du réseau général. Le 22 mars 1875, le fil électrique atteignait Bouloupari ; deux autres ateliers poussèrent les constructions jusqu'à Ouaraï et Bouraï le 15 juin et jusqu'à Canala le 2 août, malgré les difficultés des forêts de la chaîne centrale et malgré un ouragan qui détruisit 5 kilomètres de ligne construite dans les montagnes à une altitude de 800 mètres. Un nouvel atelier a été formé et les travaux vont se poursuivre au delà de Canala, au milieu d'obstacles plus sérieux avec quatre chantiers à établir sur quatre sections de la côte Est jusqu'au Nord. Tout est préparé pour mener à sa fin cette seconde partie de l'entreprise qui correspond à 356 kilomètres. Les quatre sections sont celles de Canala à Ouaïlou, d'Ouaïlou à Touo, de Touo à Oubatche et d'Oubatche à Pans.

Les mines du Nord prennent toujours de l'extension ; de nouvelles mines de nickel donnant 30 p. 100 de nickel pur ont été découvertes à Ouaïlou.

En l'état, le réseau se compose des lignes suivantes :



Nouméa à la Foa.	150 kilomètres.	Ligne du Nord.
La Foa à Canala.	44 —	Ligne transversale.
La Foa à Ouaraï.	18 —	Ligne de l'Ouest.
Ouaraï à Bouraï.	44 —	Ligne de l'Ouest.
Nouméa à la presqu'île Ducos. . . .	14 —	Ligne spéciale.
Nouméa au Pont-des-Français. . . .	8,500 —	Ligne du Sud.
Pont-des-Français à la Dombéa. . .	11,500 —	Ligne spéciale.
Total.	290 kilomètres de lignes dont 3 kilomètres à 3 fils et 38 à 2 fils.	

Les bureaux d'Ouraï et de Bouraï ont été ouverts le 16 août et celui de Canala le 23 août.

Dans la traversée des forêts, on a expérimenté la suspension du fil sur appuis vivants à l'aide d'isolateurs-anneaux ou d'isolateurs-poulies.

Le *Town and Country Journal* de Sydney du 28 mai publie la note suivante relative à un projet de câble entre Brisbane (ou Moreton Island) et Nouméa : « Nous avons reçu la semaine dernière un télégramme d'Angleterre relatif à la pose d'un câble de Brisbane en Nouvelle-Calédonie. Nous recevons de Brisbane les renseignements suivants : Une correspondance a été échangée entre M. Audley Coote (au nom d'une importante maison) et le gouvernement de Queensland pour la construction d'un câble entre Nouméa et l'île Moreton. Dans la première lettre, M. Coote demande au gouvernement un concours raisonnable. Il déclare qu'il est l'agent d'une grande maison qui s'est mise en communication avec le gouvernenement français. Ce dernier a offert une subvention de 200.000 francs par an pour la pose et l'entretien d'un câble. Coote explique que cette somme ne donnerait que 3 1/2 p. 100 d'intérêt par an et qu'on entamait des négociations pour obtenir 5 p. 100 garantis (soit 11.500 à 12.000 £) sur le coût du câble et l'exploitation. Le Post-Master général (Honor. Geo. Thorn) de la part du gouvernement de Queensland a répondu qu'un terrain serait loué à Moreton Island pour atterrir le câble et y élever les bâtiments nécessaires.

« La longueur du câble serait de 700 milles.

« On dit que l'affaire sera conclue sous peu. »

Tremblements de terre à la Martinique.

M. R. Rivet transmet à l'Académie des détails, extraits du journal *le Propagateur* de la Martinique, sur les secousses de tremblements de terre qui se sont fait sentir dans cette île, et sur les phénomènes électriques qui ont précédé chacune d'elles dans les fils télégraphiques.

Fort-de-France, le 21 septembre 1875.

Vendredi dernier, 17, à 11 heures du matin, une violente secousse de tremblement de terre s'est fait sentir à la Martinique.

Depuis ce jour, le même phénomène s'est souvent renouvelé avec variation dans son intensité, et, au moment où nous écrivons, il n'a pas encore cessé de se manifester. (Une nouvelle secousse vient de se produire à $11^h 30^m$.)

La Guadeloupe et même la Dominique, situées dans le nord et séparées de nous par quelques lieues seulement, n'ont éprouvé aucun ébranlement, tandis qu'à Sainte-Lucie toutes les secousses ressenties à la Martinique se répercutaient comme un écho; à Saint-Vincent et à la Grenade, le même phénomène s'est produit, mais une seule fois, le 17, vers 9 heures du soir.

A Fort-de-France, nous avons observé que toutes les oscillations semblent partir des Pitons du Carbet, situés au nord de notre ville, et sont précédées d'un grondement sourd provenant des mêmes Pitons et se dirigeant vers le sud. C'est de ce centre que semble partir le phénomène dont les oscillations s'étendent dans le sud vers les petites Antilles.

D'après les observations faites à Fort-de-France, depuis vendredi dernier (le 17), par M. Destieux, chef du bureau télégraphique de Fort-de-France, les secousses de tremblements de terre ont toutes été précédées de phénomènes électriques d'une intensité remarquable.

Vendredi, à $10^h 25^m$ du matin, M. Destieux remarqua que l'aiguille aimantée du galvanomètre, après avoir éprouvé une déviation anormale, était devenue tout affolée, puis avait été se fixer vers la terre. En touchant les vis et la bobine, qui se

trouvent en contact direct avec la terre, il s'aperçut qu'elles étaient fortement électrisées, au point de produire de véritables décharges au contact de la main. A $10^h 53^m$, la première secousse de tremblement de terre se produisit. Peu d'instants après, l'aiguille reprit sa position normale vers le nord.

A $12^h 17^m$, l'aiguille manifesta de nouveaux troubles, et ils augmentèrent successivement; à $2^h 45^m$, la déviation devint plus marquée, et l'aiguille fut de nouveau attirée vers le conducteur terrestre; à 3 heures, il se produisit une forte secousse.

A 4 heures, l'aiguille, qui était revenue en place, recommence ses mouvements inquiets, puis parcourt toute l'étendue du cercle; à 6 heures, tremblement de terre. Le lendemain samedi, à 6 heures du matin, l'aiguille est en repos; à $2^h 25^m$, attraction très-forte vers la terre; à 3 heures, tremblement de terre; à 4 heures, l'aiguille est affolée; elle est, pour ainsi dire, soudée vers la terre; à $5^h 55^m$, forte secousse de tremblement de terre *.

Les mêmes phénomènes se représentent à chacune des secousses que l'on ressent depuis lors.

L'auteur pense que les phénomènes signalés par M. Destrieux peuvent fournir le moyen, vainement cherché jusqu'ici, de prévoir les secousses de tremblements de terre quelque temps avant leur production.

(*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 18 oct. 1875.)

M. le ministre de la marine et des colonies a transmis à l'Académie des sciences et à l'administration des télégraphes un extrait d'un rapport de M. le gouverneur de la Martinique relatif aux secousses de tremblements de terre ressenties dans la colonie du 17 au 25 septembre, et sur les phénomènes magnétiques qui ont été observés simultanément. Cet extrait reproduit exactement les renseignements qui précèdent.

* Le galvanomètre du télégraphe de Fort-de-France est en communication avec la terre au moyen d'un bloc de fer de 50 kilogrammes environ, enfoui dans le sol à 2 mètres de profondeur, et qui est relié à l'instrument au moyen d'un conduit formé d'un fil de fer, d'un fil de cuivre et d'un fil de zinc.

Pour que les phénomènes se manifestent, il faut que le galvanomètre ne soit pas isolé.

Formation de la grêle.

M. Gaston Planté adresse une note sur « la formation de la grêle ».

M. Planté, à la suite de recherches vraiment originales sur les courants électriques de haute tension *, a formulé dernièrement une nouvelle théorie des trombes et des aurores polaires. C'est aujourd'hui au tour de la grêle.

Ces courants à très-haute tension, en produisant sur le verre humide d'un voltamètre des éclairs-miniatures, déterminent une action calorifique puissante qui se traduit par un dégagement de vapeur, un bruissement particulier et un mouvement giratoire des gouttelettes liquides électrisées.

Cela rappelé, M. Planté explique ainsi la formation de la grêle. Elle serait due à la vaporisation brusque de l'eau des nuages par l'effet calorifique des éclairs multipliés qui les traversent, et à la congélation rapide de cette vapeur, lorsqu'elle se produit au sein des régions froides de l'atmosphère.

Les descriptions récemment données par M. Colladon, des violents orages à grêle de cette année, en Suisse et en France, confirment cette manière de voir. 8 à 10.000 éclairs se succédaient par heure; on pressent l'énorme quantité de chaleur engendrée et la grande quantité d'eau vaporisée au sein des nuages par un tel torrent d'électricité. Les observations de M. Rozet, qui a remarqué des mouvements violents au milieu des nuages d'où tombent la grêle et la transformation rapide de cirrus en nimbus, appuient encore cette explication. La métamorphose subite de cirrus en nimbus ne peut résulter que de la vaporisation rapide d'une partie des cirrus.

La chute de la grêle en bande étroite s'explique facilement dans cette théorie par la vaporisation et la congélation de l'eau suivant les sillons tracés par les éclairs toujours plus développés en longueur qu'en largeur. Les bandes de pluie comprises entre deux bandes de grêle résultent de ce que la masse interne du nuage froid est réchauffée par la fréquence

* Voir la livraison de juillet-août, page 399.

des éclairs, et la vapeur d'eau produite ne peut plus opérer que la condensation, tandis que la congélation a lieu encore sur les bords.

Le bruissement qui accompagne ou précède la chute de la grêle serait dû, comme celui qui se produit dans le voltamètre, à la pénétration du feu électrique dans le nuage et à l'émission rapide de la vapeur.

Les éclairs, avec ou sans tonnerre, qui accompagnent les orages à grêle proviennent de ce que dans cette collision entre deux masses humides et d'une grande mobilité de formes, c'est tantôt l'une qui pénètre plus ou moins profondément l'autre, de même que dans la voltamètre, parmi les traits de feu qui s'élancent du pôle positif, les uns sont silencieux et les autres suivis d'étincelles bruyantes au pôle négatif, selon que l'un ou l'autre électrode plonge plus ou moins dans le liquide.

Les intermittences et recrudescences que l'on observe dans la chute de la grêle à la suite des éclairs rappellent encore le phénomène offert par le voltamètre. Quand le nuage d'électricité a réduit en vapeur une portion des cirrus dans lesquels il pénètre, il se passe un instant avant qu'il ne rencontre une nouvelle masse à vaporiser, mais le reste des cirrus comble aussitôt le vide formé; une nouvelle décharge se produit, par suite une nouvelle vaporisation et formatiou de grêlons.

Quant à l'accroissement du volume des grêlons, après les observations de Lecoq et les travaux publiés par MM. Saigey, Daguin, de Tastes, Fron, et récemment par M. Faye, on sait qu'il résulte du mouvement gyratoire qui les entraîne et retarde ainsi leur chute. La structure des grêlons s'explique par des vaporisations et des congélations successives.

Maintenant, quelle est la cause de ce mouvement gyratoire? Pour M. Planté, le mouvement gyratoire est dû à l'électricité elle-même et à l'action magnétique du globe. Il fonde ses opinions sur les expériences très-saisissantes qu'il a déjà faites. Un courant électrique positif tourne au sein d'un liquide sous l'ifluence du pôle magnétique boréal: il y a rotation en spirale comme pour les cyclones et les trombes. Le phénomène est si analogue à celui que présente la trombe, qu'on ne saurait trop y insister. Les mouvements gyratoires

ue l'atmosphère, ainsi que ceux des tourbillons de grêle, seraient dus à la rotation même des courants électriques auxquels les nuages servent de conducteurs mobiles, et dont le mouvement se communiquerait aux masses d'air qui les entourent.

M. Gaston Planté conclnt en résumé que sans contester les opinions déjà émises, sans nier les causes invoquées par de nombreux observateurs et qui peuvent toutes concourir à la production d'un phénomène aussi complexe que celui de la grêle, sans infirmer enfin aucune théorie, le rôle principal dans la formation de la grêle doit être attribué à l'électricité.

Vaporisation brusque de l'eau des nuages et congélation instantanée dans un milieu froid, bruissement, gyration, tous effets produits par l'électricité et le magnétime terrestre.

(De Parville, *Journal officiel.*)

Les Nébuleuses spirales.

Les mouvements gyratoires accompagnés d'effets lumineux produits avec un flux puissant d'électricité dynamique dans les expériences de M. Planté, conduisent ce savant à considérer comme probable l'origine électrique des corps célestes. M. Planté attribue la même origine aux nébuleuses et particulièrement aux nébuleuses à forme de spirale. Cette opinion, qui donne une cause électrique à la formation des astres, ou au moins à leur lumière et à leur chaleur, est, du reste, assez en vogue en ce moment. Il suffit de rappeler les travaux de MM. Young et Morton, Respighi, Sparer, etc.

Un nuage de matière métallique, arraché à une électrode par le flux électrique, prend, au sein d'un liquide, un mouvement gyratoire ou spirale sous l'influence d'un aimant. Or, fait remarquer M. Planté, la matière se dispose, dans ce cas, de façon à reproduire identiquement la forme des nébuleuses spirales décrites par lord Brosse. (Nébuleuse de la chevelure de Bérénice. — Nébuleuse des Chiens de chasse, etc.)

En présence de cette remarquable analyse, n'est-on pas autorisé à penser que le noyau de ces nébuleuses peut être constitué par un véritable foyer d'électricité, que leur spirale

doit être probablement déterminée par la présence de corps célestes fortement magnétiques placés dans le voisinage, et que le sens de la courbure des spires doit dépendre de la nature du pôle magnétique tourné vers la nébuleuse ? Il y aurait donc lieu de chercher, parmi les étoiles déjà connues autour des nébuleuses, quelles sont celles qui, par leur position, peuvent exercer cette influence magnétique, etc.

On peut objecter aux rapprochements faits plus haut, que l'on n'aperçoit point dans l'espace de conducteur amenant un courant électrique extérieur au centre des nébuleuses. En réponse à cette objection, M. Gaston Planté rappelle que dans d'autres expériences faites avec une source d'électricité beaucoup plus intense, il a observé des petits anneaux lumineux composés de particules incandescentes tout à fait détachées de l'électrode Ces anneaux, dont le milieu est agité par un tourbillon liquide, se meuvent dans l'intervalle compris entre l'électrode et un anneau lumineux plus grand formé à l'entour par le choc de l'onde électrique contre les parois du voltamètre. Ce sont là de véritables foyers électriques séparés du jet principal qui leur a donné naissance, et analogues, bien qu'infiniment petits, à des noyaux d'astres isolés ou à des agglomérations stellaires, telles que la Lyre, le Cygne, etc. Le dernier anneau lumineux qui forme la limite de développement de l'onde électrique dans le voltamètre, peut même révéler l'existence d'une immense nébuleuse annulaire, invisible jusqu'ici, qui envelopperait toutes les autres et serait l'onde extrême du mouvement électrique général de l'univers.

(De Parville, *Journal officiel.*)

Sur la Conductibilité des corps médiocrement conducteurs.

Par M. du Moncel.

M. du Moncel montre que cette conductibilité peut être envisagée sous deux points de vue : sous celui de la conductibilité propre de la matière qui constitue ces sortes de corps et sous celui du pouvoir conducteur qu'ils acquièrent par l'ab-

sorption qu'ils font tous, plus ou moins, de l'humidité de l'air ambiant. C'est à ce dernier point de vue que M. du Moncel a étudié la question.

Après avoir indiqué les causes perturbatrices contre lesquelles on doit se prémunir dans ces sortes d'expériences, surtout avec des galvanomètres aussi sensibles que ceux qu'il a mis à contribution, et avoir montré l'influence exercée par l'action de la chaleur, de la pression et de la polarisation sur la conductibilité de certains corps, tels que les corps ligneux, M. du Moncel donne quelques détails sur les expériences qu'il a entreprises sur les bois *, les minéraux et les tissus. Il fait voir que ces corps, tant qu'ils sont poreux, sont des espèces d'éponges qui absorbent l'humidité de l'air et dont la conductibilité variant avec cette humidité peut faire de ces corps de véritables hygromètres, dont les indications varient aux différentes heures du jour et suivant la température. Il démontre que cette absorption ne se fait pas seulement à la surface, mais dans toute la masse de ces corps, et que les lois de propagation électrique, dans ces sortes de conducteurs, participent, en raison de la grande résistance qu'ils présentent dans tous les sens, aux effets de transmission à travers les plaques et les milieux conducteurs indéfinis, effets étudiés par M. Kirchhoff. Il indique ensuite les moyens de rendre les bois isolants.

En parlant de la conductibilité des minéraux, M. du Moncel fait remarquer que la grande différence qui existe entre eux et les bois, sous ce rapport, réside dans les effets de polarisation qui s'y trouvent développés d'une manière toute particulière et très-caractérisée. Il montre que la fusion et la cristallisation sont deux causes qui tendent à les rendre isolants.

Quant aux tissus, M. du Moncel a reconnu que, généralement, les étoffes de laine sont plus isolantes que les étoffes de soie, à cause de la charge qu'on fait subir à ces dernières. Les toiles sont les tissus les plus conducteurs et les cotonnades viennent après; leur conductibilité est d'autant plus grande que le tissu est plus gros. En présence de ces différences si caractérisées de conductibilité, il devient facile de reconnaître

* Voir les *Annales*, livraison de Septembre-Octobre 1874, page 250.

au galvanomètre, non-seulement les soies chargées, mais encore les tissus de soie ou de laine dans lesquels il entre du fil ou du coton.

(*Société de physique.*)

Le Gallium.

Dans la séance du 20 septembre 1875, M. Wurtz prie l'Académie des sciences, au nom de M. Lecocq de Boisbaudran, de vouloir bien ouvrir un pli cacheté qu'il lui avait adressé dans la séance du 30 août 1875.

Ce pli est ouvert en séance par M. le secrétaire perpétuel. Il contient la note suivante :

« Avant-hier vendredi, 27 août 1875, entre 3 et 4 heures du soir, j'ai trouvé des indices de l'existence probable d'un nouveau corps simple dans les produits de l'examen chimique d'une blende provenant de la mine de Pierrefitte, vallée d'Argelès (Pyrénées).

« Voici les données que j'ai pu recueillir jusqu'ici :

« 1° L'oxyde (ou peut-être un sous-sel) est précipité à la longue par le zinc métallique dans une solution contenant des chlorures et des sulfates. Il ne parait pas que ce soit le métal lui-même qui se réduise par le zinc.

« 2° Le chlorure est précipité par une faible quantité d'ammoniaque. Dans un mélange contenant un excès de chlorure de zinc, le nouveau corps est précipité avant le zinc, lorsqu'on traite la liqueur par de l'ammoniaque en quantité insuffisante. Dès le deuxième précipité, la proportion devient faible, presque tout se trouvant dans la première fraction.

« 3° Même dans des conditions qui doivent correspondre à un état de peroxydation (dans l'hypothèse où le corps posséderait 2 degrés d'oxydation, analogues à ceux du fer) l'oxyde est soluble dans l'ammoniaque en excès.

« 4° Les sels sont précipités par le sulfhydrate d'ammoniaque, dont un excès ne paraît pas redissoudre notablement le sulfure formé.

« 5° Les sels sont précipités par l'acide sulfhydrique en pré-

sence d'acétate d'ammoniaque et de beaucoup d'acide acétique libre. En présence du zinc, le nouveau corps se concentre dans les premiers sulfures déposés. Il a fallu néanmoins six précipitations successives pour le voir disparaître à peu près complétement du sulfure de zinc.

« 6° Les sels ne sont pas précipités par l'acide sulfhydrique en solution légèrement acidulée par l'acide chlorhydrique.

« 7° L'oxyde se redissout dans un excès de carbonate d'ammoniaque, en même temps que le zinc.

« 8° La quantité extrêmement faible de substance dont je dispose ne m'a pas permis d'isoler le nouveau corps de l'excès de zinc qui l'accompagne. Les quelques gouttes de chlorure de zinc dans lesquelles j'ai concentré la nouvelle substance donnent, sous l'action de l'étincelle électrique, un spectre composé principalement d'une raie violette, étroite, facilement visible, placée, à peu de chose près, à 417 sur l'échelle des longueurs d'onde. J'ai aussi aperçu une très-faible raie vers 404.

« Je poursuis cette étude et j'espère pouvoir me procurer, dans quelques jours, un peu de matière première, afin de déterminer les réactions de la nouvelle substance. »

Une note additionnelle, présentée dans la séance de ce jour, contient les détails complémentaires qui suivent :

« Les expériences que j'ai exécutées depuis le 29 août me confirment dans la pensée que le corps observé doit être considéré comme un nouvel élément, auquel je propose de donner le nom de *Gallium*.

« 9° Le sulfure est réellement insoluble dans un excès de sulfhydrate d'ammoniaque.

« 10° Bien que la quantité dont je dispose soit encore très-faible, j'ai obtenu le chlorure dans un état de concentration tel, que la raie 417 est déjà assez brillante sous l'action de l'étincelle d'induction.

« 11° Le chlorure donne la raie 417 dans la flamme du gaz, mais elle y est plus faible qu'avec l'étincelle éclatant sur la solution.

« 12° Les sels sont facilement précipités à froid par le carbonate de baryte.

« 13° Dans un mélange avec un grand excès de chlorure de

zinc, le nouveau corps est précipité par le sulfhydrate d'ammoniaque, avec les premières portions du sulfure de zinc.

« 14° Des évaporations réitérées avec de grands excès d'eau régale ne paraissent occasionner aucune perte par volatilisation de chlorure.

« 15° Le sulfure me paraît devoir être blanc comme celui du zinc. Ce point est à éclaircir, après purification complète de la substance.

« 16° Quand on chauffe du chlorure de zinc hydraté, contenant des traces du nouveau corps, jusqu'au point où il se forme une petite quantité d'oxychlorure de zinc, tout le gallium reste à l'état insoluble (sous forme d'oxychlorure, je suppose).

« 17° Le spectre est plus brillant avec une étincelle de longueur moyenne qu'avec une étincelle très-courte. »

M. de Parville, dans la revue scientifique du *Journal des Débats*, présente cette nouvelle découverte de la façon suivante :

« Il va falloir ajouter un nouveau métal à la liste des métaux connus. M. Lecocq de Boisbaudran vient de découvrir un métal dont on ignorait hier encore l'existence dans un minerai des Pyrénées. Comment est ce métal inconnu? quelles sont ses propriétés? Je serais fort embarrassé de le dire. Et M. Lecocq de Boisbaudran n'est pas plus avancé que moi. Il a découvert un métal et il ne l'a pas vu. Habituellement, pour découvrir il faut voir; ce n'est pas le cas cette fois; M. de Boisbaudran peut avancer qu'il a trouvé un nouveau corps, et, pour cela, il n'a pas été besoin de le toucher ou de le palper, ni même de l'entrevoir. Quelques explications sont nécessaires.

« On connaît la puissance d'investigation de cette nouvelle méthode d'exploration chimique connue sous le nom d' « analyse spectrale ». La lumière qui a traversé un prisme s'étale et vient former sur un écran une bande brillamment colorée des teintes de l'arc-en-ciel. En y regardant d'un peu près, on aperçoit sur cette bande des raies dont le groupement et la place diffèrent selon la source lumineuse et les matières qui sont en combustion ou en suspension dans la flamme. Chaque corps, en brûlant et en émettant de la lumière, produit un système de raies qui lui est particulier. Le groupement de ces

raies, leur apparition dans telle ou telle teinte de la bande colorée constituent des caractères distinctifs pour chaque métal ou corps simple. Chaque corps *télegraphie* ainsi sa présence. Les raies deviennent de véritables signatures.

« Et il suffit de quantités infinitésimales d'une substance dans une flamme pour que leur présence soit immédiatement signalée par les raies du « spectre ». C'est par ce moyen que l'on a pu savoir, en observant la lumière solaire, qu'il existait un grand nombre de métaux terrestres dans cette sphère incandescente que nous appelons « le soleil ». C'est par le même procédé que l'on a pu découvrir dans les eaux minérales, dans des résidus de fabrique où jamais jusqu'alors on n'en avait soupçonné la présence, des métaux nouveaux tels que le cæsium, le rubidium, le thallium, etc. — Tout dernièrement, M. Lecocq de Boisbaudran examinait au spectroscope de la blende de la mine de Pierrefitte. Le spectre de la lumière émise par cette blende chauffée à une haute température montra tout à coup un système de raies qui ne faisait pas partie du catalogue des raies déjà enregistrées. Il y avait là une signature inconnue, donc un corps nouveau.

« Le nouveau corps est si bien perdu dans le minerai, il y est en si petite proportion, que l'on n'a pu encore l'isoler. Cependant, à l'aide de réactions chimiques, M. de Boisbaudran a pu constater que l'analyse spectrale avait raison et qu'il existait bien réellement dans le minerai un métal inconnu jusqu'ici et qui semble se rapprocher, par ses propriétés, du zinc. Il lui a donné le nom de « gallium ».

« Après l'avoir *découvert sans le voir*, on arrivera bien à le palper, à le tenir dans la main et à déterminer ses propriétés. Peut-être l'industrie n'aura-t-elle guère à s'occuper du gallium, qui restera sans doute à l'état de « métal rare ». En tout cas, la découverte de M. Lecocq de Boisbaudran montre une fois de plus la puissance de cet instrument fécond que la physique moderne a mis à notre disposition : l'analyse spectrale. »

Association Britannique pour l'avancement des sciences.

Extraits du discours d'inauguration du président, sir John Hawkshaw.

. . . . . Nous vivons à une époque où de grandes découvertes sont faites et où elles sont promptement utilisées pour améliorer le sort de l'humanité.

Autrefois il arrivait presque toujours que les inventions étaient en avance sur l'âge de l'humanité auquel elles faisaient leur apparition, et il fallait qu'elles attendissent un nouvelle ère avant de produire leur effet. Il y avait à ces époques encore peu avancées un trop petit nombre de personnes ayant la bonne volonté ou les moyens de tirer parti des nouveaux bienfaits; il fallait attendre le développement de la richesse pour voir fructifier les projets nouvellement conçus.

L'un des exemples les plus remarquables de la rapidité avec laquelle les nouvelles inventions portent aujourd'hui leur fruit s'est manifesté dans l'adoption et le grand développement du télégraphe électrique.

Odier, en 1773, a écrit une lettre dans laquelle il publiait que les Européens pourraient lier conversation avec l'empereur du Mogol; les personnes qui ont lu cette lettre ne pensaient pas qu'en moins d'un siècle cette conversation se réaliserait, et les personnes qui ont vu Lesage, en présence de Frédéric de Prusse, envoyant des messages d'une pièce à une autre, pensaient encore moins qu'elles étaient témoins d'une invention extraordinaire dont notre siècle tirerait beaucoup d'orgueil.

Je ne veux pas vous fatiguer en vous faisant suivre pas à pas les progrès que le télégraphe électrique a faits avant d'arriver à son état de perfectionnement actuel. Dans notre siècle, il s'est écoulé peu d'années sans qu'on ait vu de nouveaux travailleurs se distinguer dans cette partie; quelques-uns trouvaient un nouveau mode d'utiliser la puissance; d'autres, et ils n'étaient par les moins utiles, trouvaient la solution de problèmes électriques et magnétiques. Galvani, Volta, Œrs-

ted, Arago, Sturgeon et Faraday ont, par leurs travaux, rendu possible la construction des télégraphes électriques. Avec la pile, les bobines électriques, les électro-aimants l'œuvre fut complétée, et sir Charles Wheatstone n'eut qu'à combiner et mettre en pratique les éléments connus. Les inventions d'Alexandre Steinheil et celles de même nature, faites par sir Charles Wheatstone, eurent lieu la même année, et elles occupent une place mémorable dans les *Annales de la télégraphie* *.

Le premier télégraphe mis en usage fut celui du chemin de fer de Blackwall, en 1838. Il est dû aux instruments de MM. Wheatstone et Cooke. Depuis ce temps, les progrès des télégraphes électriques ont été si rapides qu'aujourd'hui l'on compte, tant sur terre que sous mer, 400.000 milles télégraphiques.

Parmi les nombreuses inventions des dernières années, il faut surtout citer le télégraphe automatique de M. Alexandre Bain, du docteur Werner Siemens et de sir Charles Wheatstone. Aux États-Unis, on se sert surtout de l'appareil de M. Bain, et celui de M. Werner Siemens est généralement employé en Allemagne. En Angleterre, on emploie surtout l'appareil inventé par M. Charles Wheatstone, auquel la télégraphie est si redevable. Dans cet appareil, après que le message a été composé à l'emporte-pièce sur une bande de papier au moyen d'une machine analogue à celle de Morse, qui frappe et pointille, la série des courants nécessaire pour transmettre le message dans le fil est déterminée automatiquement dans une seconde machine au moyen du ruban perforé. La seconde de ces opérations est du genre de celle au moyen de laquelle, dans le métier Jacquard, on détermine le mouvement des fils, le recours à des cartes perforées. Dans la machine de Wheatstone, on évite les erreurs irréparables du travail manuel, et ce qui est encore plus important, au point de vue commercial, le temps nécessaire au passage de la dépêche dans le fil est considérablément diminué.

Par suite de l'application à la télégraphie de ces systèmes automatiques, la vitesse de transmission a été considérable-

* Dates des patentes : Wheatstone, 1er mars 1837; Alexandre, 22 avril 1837; Steinheil, 1er juillet 1837; Morse, octobre 1837.

ment améliorée; on est arrivé à 200 mots par minute, c'est-à-dire qu'on a dépassé la sténographie; et aujourd'hui, sur les lignes non marines, les fils donnent la dépêche avec une vitesse plus grande que celle due à n'importe quel moyen.

Par suite du retard dû à des effets d'induction et à d'autres causes, la vitesse de transmission dans les longs câbles sous-marins est beaucoup plus petite. Avec le câble de 1858, on n'obtient que deux mots et demi par minute. Aujourd'hui, d'après ce que me dit M. Siemens, avec le câble atlantique, la moyenne est de 17 mots, mais on peut lire 24 mots par minute.

L'un des phénomènes les plus dignes d'attention en télégraphie est celui connu sous le nom de transmission double; il donne la faculté de recueillir à la fois des messages en sens opposé dans le même fil. Dès le début de la télégraphie, cette transmission simultanée aux deux extrémités d'un même fil a été proposée, mais, par suite d'un isolement imparfait, on ne l'avait pas jugée praticable, mais depuis, on a atteint un meilleur isolement pour les fils télégraphiques, et l'on a réalisé un résultat des plus avantageux, puisqu'on a doublé le fonctionnement de chaque fil.

Et cependant avec quelle rapidité se sont accomplis tous ces progrès dans la télégraphie! Sans remonter bien haut dans le passé, combien d'incrédules se seraient refusés à croire ce qu'un peu de temps a déroulé à nos yeux!

Il n'y a pas longtemps, c'est en 1823, sir Francis Ronalds, explorateur scientifique distingué, a publié la description d'un télégraphe électrique. Il communiqua ses idées à lord Melville, et ce grand seigneur eut l'obligeance de lui répondre qu'il serait utile de livrer de telles idées à l'étude; car, avant que la nature des conceptions de sir Francis Ronalds eût été connue, M. Barrow lui écrivait que les télégraphes, de quelque genre qu'ils fussent, étaient tout à fait inutiles, et que le systéme en usage n'avait pas besoin d'être remplacé en quoi que ce fût. Ce système était tout simplement le sémaphore qui joignait les coteaux entre Londres et Porstmouth, et semblait à l'amirauté d'alors réaliser la perfection.

Il se trouve quelques personnes de ma connaissance qui, lors de la proposition relative au premier câble transatlan-

tique, ont contribué à cette entreprise, qu'elles ne considéraient alors que comme une tentative purement expérimentale, croyant bien qu'en s'y associant elles ne faisaient que jeter leur argent à la mer. La majeure partie du câble se perdit dans la première pose, mais les promoteurs ne se laissèrent pas abattre; on fabriqua de nouveau 900 milles de câble, et enfin les succès arrivèrent l'année suivante, en 1858.

Le système télégraphique du monde forme presque une ceinture autour de la terre; et il est probable que la portion où il y a discontinuité se complétera par l'établissement d'un câble entre San Francisco, en Californie, et Yokohama, dans le Japon.

Pour juger du courage et de la persévérance de ceux qui ont travaillé à la télégraphie sous-marine, il suffit de dire que pour obtenir 50.000 milles de câbles aujourd'hui en usage, il a fallu en construire et poser près de 70.000 milles. D'après le docteur Siemens, qui m'a fourni mes renseignements à ce sujet, les progrès ont été dus au soin que l'on a pris d'essayer le câble sous l'eau avant de lui faire gagner les profondeurs, et à l'usage d'une garniture de fer plus légère.

Les découvertes de Ohm, celles de sir William Thomson ont été d'une immense importance relativement à l'extension prise par les câbles sous-marins : ainsi ils ont fait connaître que dans un fil de métal homogène, la résistance est directement proportionnelle à la longueur; ils ont permis de déterminer la position d'un défaut dans un câble de plusieurs milles de longueur avec assez de précision pour qu'on puisse le réparer jusqu'à des milliers de brasses sous l'eau.

Les progrès dus au chemins de fer sont énormes; au point de vue scientifique, je ne les considère pas comme aussi merveilleux que les télégraphes électriques; toutefois les résultats de la construction et l'usage des chemins de fer sont plus variés; leur utilité, leurs avantages, se font sentir à plus de monde. . . . .

. . . . . Un regard en arrière serait nécessaire pour faire voir tout ce qui a été fait dans les premiers âges.

On a fait mieux, en général, que dans ces époques reculées, mais tout n'a pas été mieux fait.

Dans ce que nous appelons le monde des idées, nous ne

surpassons pas les anciens. Les poëtes, les peintres, les sculpteurs, étaient aussi grands dans l'ancien temps qu'ils le sont aujourd'hui, et il est probable qu'ils étaient mathématiciens.

Au point de vue de l'expérience, nous sommes à même de dépasser nos prédécesseurs. Et quoique l'art de l'ingénieur s'appuie sur l'expérience, celui qui dans l'avenir devra faire des travaux d'un ordre nouveau devra marcher en avant avec ses propres forces, comme l'ont fait les ingénieurs dans le passé.

Les progrès merveilleux accomplis par les deux dernières générations doivent rendre tout le monde avide de faire des prédictions pour l'avenir. Cependant on peut dire que, pour les travaux de l'ingénieur, la possibilité dépend de causes étrangères à leur propre difficulté. Il reste à faire des travaux plus considérables que ceux qui ont été faits, et peut-être avant peu. La société ne les réclame pas en ce moment, car elle ne pourrait pas encore les payer.

Les progrès de l'art de l'ingénieur et les dépenses qui les ont accompagnés sont, lorsqu'on les énumère, des plus prodigieux. 160.000 milles de chemin de fer, comptés à 20,000 livres le mille, donnent un total de 320 millions de livres sterling (8.000 millions de francs). Ajoutons 400.000 milles télégraphiques à 100 livres pour un mille; 100 millions pour les canaux marins, les docks, les ports, les approvisionnements d'eau, les travaux sanitaires, et nous arrivons au chiffre énorme de 3.340 millions de livres sterling (83.500 millions de francs); voilà ce qu'a payé une génération et demie pour des travaux d'une utilité incontestable.

La richesse des nations, que le luxe et la guerre épuisent, est loin d'être diminuée par de telles dépenses.

Pour ce qui est de l'avenir, nous savons bien que nous ne pourrons pas créer une force; mais nous pouvons augmenter de beaucoup celles que nous possédons. Nous ne pouvons obtenir autre chose que de nouvelles inventions; mais chaque jour peut être fertile en nouvelles machines et en nouveaux instruments.

Le télescope a fait pénétrer nos regards dans les mondes éloignés. Le spectroscope a été plus loin, il a permis de les soumettre à l'analyse.

L'administration des postes a été un rouage aussi vaste qu'abile ; mais qu'est-ce auprès du télégraphe ?

Irons-nous plus loin ? Nos connaissances physiques ne sont, on doit l'avouer, qu'infinitésimales. Et même est-il bien vrai de dire que nous ne pouvons découvrir aucune nouvelle force ? Qui pourrait l'affirmer ?

(*Les Mondes.*)

Pile au Chlorure d'argent de 3.240 éléments.

M. Waren de la Rue communique à l'Académie quelques renseignements sur les études qu'il a entreprises avec MM. H. W. Muller pour établir la théorie de la stratification de la lumière électrique. Le savant physieien de la Société royale de Londres a construit, pour réaliser ces recherches, une pile au chlorure d'argent de 3.240 éléments. Ces piles, imaginées par l'auteur lui-même, possèdent une certaine constance et sont d'un petit volume. Aux 3.240 éléments actuels on sera bientôt en mesure d'adjoindre 2.200 éléments. C'est assez dire de quelle puissance sera cet appareil.

La distance d'explosion de l'étincelle semble varier avec le carré du nombre des éléments. Ainsi, 1.000 éléments, distance d'explosion : 1 dixième de millimètre; — 2.000 éléments, 6 dixièmes de millimètre; — 3.000 éléments, 1^{mm},6, etc. Avec une pareille pile, on peut directement, et sans bobine, traverser tous les tubes de Geissler. L'étincelle passe à travers des tubes de 1 mètre. On peut étudier, dans ces conditions la décharge électrique, et l'on voit la stratification s'activer, s'agrandir, diminuer, changer de sens, etc.

(De Parville, *Journal officiel.*)

Tube spectro-électrique

De MM. Delachanal et Mermet.

Quand on a à examiner des substances rares au spectroscope, on se trouve fort empêché, car la substance placée

dans l'étidcelle est vite brûlée ou projetée. MM. Delachanal et Mermet, préparateurs du laboratoire de M. Dumas à l'École centrale, ont imaginé de faire passer l'étincelle à travers une solution du corps à examiner enfermée dans un tube de verre.

Que l'on imagine un petit tube de 11 centimètres de hauteur traversé à sa base par une électrode inférieure en platine. Le tube est fermé en haut par un bouchon dans lequel passe un tube capillaire traversé aussi par un fil de platine qui se termine en pointe et forme électrode supérieure, en face de l'électrode inférieure. Un petit tube capillaire, légèrement conique et que l'on déplace à volonté, coiffe l'électrode inférieure. On verse dans le gros tube la solution à examiner en arrêtant son niveau à la hauteur du petit tube capillaire. Par capillarité, le liquide monte le long de ce petit tube et il se forme à son extrémité une goutte qui s'illumine lorsqu'on envoie par les fils un courant d'induction.

On peut avoir ainsi toute une collection de petits tubes avec les solutions des différents corps et se familiariser avec leurs spectres. Quand le corps est rare, comme la dissolution est enfermée et que les projections retombent toujours au fond, il n'y a pas perte, les pellicules solides entraînées par le liquide retombent au fond du tube. Ce petit appareil rendra des services signalés aux chimistes et aux élèves de nos laboratoires.

(De Parville, *Journal officiel.*)

Électro-aimant à noyau prismatique.

M. Jules Sommati, employé de l'administration des télégraphes italiens, a imaginé une nouvelle forme à donner aux électro-aimants, qu'il justifie de la manière suivante :

Les courants moléculaires du fer doux, dans les électro-aimants au repos, ont des directions diverses dont la résultante est zéro. Le passage du courant électrique a pour effet de donner à ces courants moléculaires l'orientation magnétique. D'un autre côté, les nombreuses expériences faites par M. de Haldat ont amené ce physicien à la conclusion que, dans les électro-

aimants, la magnétisation est toute superficielle. Si donc on accroît le nombre des molécules sur lesquelles agit le courant, c'est-à-dire la surface latérale du fer doux (les autres conditions restant égales), on obtiendra un renforcement de la puissance magnétique. Par conséquent, à égalité de volume, la forme qui donne la plus grande surface latérale sera la meilleure pour la construction des noyaux. Or, comme le prisme à base triangulaire équilatérale est celui qui donne le maximum de surface latérale, il y aura un avantage réel à substituer cette forme prismatique à la forme cylindrique dont la surface latérale est à celle du prisme dans le rapport de 1 à 1.287 ou à peu près de 10 à 13.

M. Sommati a construit et essayé deux électro-aimants (égaux en volume et en hauteur et entourés par un égal nombre de tours de fil de cuivre recouvert de soie) dont les noyaux étaient, l'un cylindrique, l'autre prismatique à base triangulaire équilatérale, avec les arêtes émoussées. La puissance magnétique de ces deux électro-aimants mesurée avec une balance du système Becquerel aurait donné en faveur de ce dernier une différence très-appréciable et presque proportionnelle à la surface des noyaux.

(*Journal télégraphique international.*)



Nécrologie.

SIR CHARLES WHEATSTONE.

Dans notre précédente livraison, nous avons rendu compte des obsèques de sir Ch. Wheatstone, qui ont eu lieu le 21 octobre, à Paris, où il est décédé le 19, à l'âge de 73 ans, des suites d'une congestion pulmonaire ; nous avons reproduit le discours prononcé à cette occasion par M. Dumas, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences. Nous donnons aujourd'hui le discours de M. Tresca, membre de l'Académie.

Messieurs,

Je comptais, à titre d'ami et d'admirateur de sir Charles Wheatstone, lui rendre silencieusement un dernier hommage au milieu de mes confrères, lorsque le Président de notre compagnie m'a fait savoir qu'il me chargeait de dire, sur ce cercueil, quelques mots d'adieu, en son nom.

Pourquoi faut-il qu'une indisposition, peu grave d'ailleurs, de M. Frémy l'ait engagé à m'imposer cette lourde tâche, que tout autre aurait mieux remplie? Notre Président s'est rappelé sans doute les nombreuses occasions que nous avons eues, dans les concours officiels en Angleterre, de nous louer ensemble de la sûreté de relations que nous y avons toujours rencontrée et dont nous apprécions tous deux la valeur au même prix. Nous avons éprouvé maintes fois que si l'estime d'un savant anglais s'acquiert avec facilité, elle lui est ensuite sacrée jusqu'à la mort.

Il y a près d'un quart de siècle que j'avais avec Wheatstone cette sûreté de commerce bien rare, et c'est ce qui m'a permis de ne pas trop m'effrayer d'avoir à vous rappeler les services du savant pratique, alors qu'une voix bien plus autorisée s'est chargée d'une appréciation plus haute, dans laquelle il a déjà surabondamment suppléé à mon insuffisance.

Wheatstone était professeur au King's College lorsqu'il fit connaître successivement ses trois grandes découvertes : la

stéréoscopie, la vitesse de l'électricité, le télégraphe électrique, trois merveilles auxquelles il a su donner une grande place en ce monde et qui l'ont occupé jusqu'à ses derniers moments.

Dans ses recherches sur la physiologie de la vision qui remontent à 1833, mais qui n'ont eu leur sanction en Angleterre qu'en 1838, et trois ans plus tard en France, Wheatstone a posé les principes qui ont en particulier permis de représenter les objets géométriques par deux figures distinctes, qui paraissent se confondre pour les deux yeux, mais qui donnent la perception nette et précise de l'objet lui-même en relief. Les observations sur lesquelles cette application est basée parurent dès leur apparition d'une grande finesse, et l'alliance de la photographie vint bientôt donner à cette découverte une immense popularité ; le stéréoscope n'est-il pas, en effet, devenu l'instrument de physique le plus répandu et le mieux compris ?

Wheatstone s'est pour ainsi dire révélé tout d'un coup dans sa carrière scientifique, car c'est vers le même temps, en 1834, qu'il a publié les expériences à l'aide desquelles il était parvenu à prouver que la vitesse de l'électricité est de même ordre que celle de la lumière ; puis, précisant davantage les éléments numériques de cette étonnante vélocité, qui devait l'occuper sans relâche, il indiquait pour la vitesse de l'électricité l'énorme chiffre de 333.800 kilomètres par seconde.

Cette détermination ne fit nulle part plus de sensation que chez Wheatstone lui-même ; un pareil fait défiait le temps ; il devait être possible d'en profiter pour établir des communications à distance.

Toute l'histoire de la télégraphie électrique est là ; elle appartient d'ailleurs par ses précédents les plus essentiels au XIXe siècle.

Volta découvrait en 1800 le courant voltaïque ;

Œrsted et Ampère démontraient bientôt sa force motrice ;

Arago constatait ses effets d'aimantation ;

Wheatstone, en 1837, l'applique à la transmission des dépêches à distance ; il prouve, en 1843, que cette distance peut être de cent lieues et plus ; presque aussitôt il montre que le

courant détermine dans ces conditions des effets mécaniques sensibles.

Les éléments essentiels de la télégraphie électrique s'étaient développés dans l'intervalle, sous l'impulsion d'un grand nombre de chercheurs. Il ne faudrait pas croire, en effet, qu'à cette époque de la constatation de la vitesse de l'électricité, Wheatstone en ait seul compris l'importance, car nous lisons dans une histoire de la télégraphie qu'il avait pu enregister, quelques années plus tard, les noms de soixante-deux inventeurs qui, tous à la fois, prétendaient à la découverte.

Le télégraphe magnéto-électrique de Steinheil était décrit à l'Académie le 10 septembre 1838, bien qu'il eût été, paraît-il, construit dès le mois de juillet précédent. La patente de Wheatstone en Angleterre date du 12 juin 1838; premier en date légale, il est aussi le premier qui en ait fait l'objet d'une communication publique, à Paris, le 8 janvier 1838; à Bruxelles, le 10 février suivant.

Le vénérable doyen de notre section de physique, dans son histoire de l'électricité, s'exprime d'ailleurs en des termes que nous devons reproduire :

« M. Steinheil, vers 1837, dit-il, construisit le premier télégraphe à aiguille, en faisant usage, comme MM. Gauss et Weber, de courants magnéto-électriques pour le faire fonctionner. La même année, M. Wheatstone en Angleterre, et M. Morse en Amérique, firent connaître, le premier, le télégraphe à cadran; le second, le télégraphe enregistreur qui porte son nom : ces appareils alors devinrent usuels, et dès ce moment on peut considérer la grande découverte de la télégraphie électrique comme acquise à l'industrie. »

Les résultats si satisfaisants auxquels M. Wheatstone était parvenu à l'aide de son premier appareil l'encouragèrent à le perfectionner; son brevet de 1840, pris au nom de son mandataire M. Irwing, comme celui du 1er février 1838, eut d'ailleurs un plus grand retentissement. Avant tout autre il fonctionna sur un chemin de fer français, de Paris à Saint-Germain et à Versailles, après avoir été adopté en Angleterre sur toutes les lignes alors existantes.

La lutte que Wheatstone eut à soutenir, déjà accentuée au point de départ, ne fut pas moins vive au fur et à mesure des

perfectionnements successifs. Il n'est pas jusqu'à son associé qui ne lui ait causé de graves conflits d'antériorité, et il n'a fallu rien moins qu'une sentence arbitrale, signée des noms illustres de Daniell et de Brunel, pour rendre au persévérant inventeur la justice qui lui était due.

Nous devons constater ici qu'il a définitivement triomphé des obstacles qui lui avaient été opposés.

C'est à la suite de ses premiers perfectionnements et de ses expériences que M. Wheatstone avait été nommé correspondant de l'Académie, dans la section de physique; il appartenait ainsi à l'Institut de France depuis trente-trois ans; il n'y en a que deux qu'il avait été élu l'un de nos associés étrangers, le 30 juin 1873.

Pendant tout ce temps, Wheatstone ne s'est pas arrêté; sa préoccupation constante était d'améliorer la télégraphie et ses applications.

Sa création des relais était comme une nouvelle invention du télégraphe lui-même, puisqu'elle en agrandissait indéfiniment le domaine; il nous communiquait, en 1869, son télégraphe écrivant; il obtenait par son cryptographe indéchiffrable, d'une remarquable simplicité, le moyen de modifier à son gré l'alphabet et de rendre ainsi les dépêches secrètes. On lui doit l'appareil de résistance, connu sous le nom de pont de Wheatstone, pour la vérification des diverses causes de dérangement dans les lignes.

Dès 1840, le bulletin de l'Académie de Bruxelles constate qu'il avait appliqué le principe de son télégraphe à faire lire simultanément en un grand nombre de lieux l'heure donnée par une seule horloge régulatrice; enfin, ne pouvant tout citer, nous indiquerons en terminant son enregistreur électro-magnétique des observations météorologiques. La météorologie n'est devenue une science pratique que du jour où l'on a pu connaître, à l'aide du télégraphe, les conditions climatériques, constatées sur de vastes régions en même temps.

Si grands que soient les services ainsi rendus par Wheatstone, il nous a paru qu'un mot pourrait cependant en faire apprécier l'importance. Si pendant les quelques instants que nous consacrons, dans ce temple, à la dépouille mortelle de notre regretté confrère, nous pouvions supposer que le télé-



graphe électrique a imité notre recueillement, cette cessation d'une heuré à peine aurait déjà troublé, dans ses relations, l'humanité tout entière : la pensée devenue sans messagère, le service des chemins de fer privé de sécurité, ce ne seraient là que deux des mésaventures dont le génie de Wheatstone nous a si heureusement délivrés.

Que sa mémoire en soit bénie!

Il nous laisse ses découvertes, mais son nom restera glorieux parmi nous. Jamais il n'a été plus impossible de croire qu'une autre récompense ne lui soit pas assurée!

Adieu donc, cher et illustre confrère, adieu au nom de l'Académie des sciences, qui perd en vous l'un des plus dignes novateurs de notre temps. C'est bien le moins qu'elle cherche à remplacer, dans ces tristes circonstances, une patrie absente, alors que, venu plein de santé, il y a tout au plus quelques semaines, guidé surtout par le désir de nous faire connaître encore des horizons nouvellement découverts dans les méthodes télégraphiques, vous devenez, par notre deuil même, une nouvelle occasion d'honneur pour les savants français, appelés ainsi à rendre les derniers devoirs à l'un des représentants les plus considérables de la science moderne.

A l'ouverture de la séance de l'Académie des sciences du 26 octobre 1875, M. Frémy, président, s'est exprimé comme il suit :

« L'Académie connaît déjà le coup douloureux qui a frappé le monde savant.

« Le grand physicien anglais dont le nom est attaché aux progrès les plus importants de l'optique et de l'électricité, notre associé étranger, sir Charles Wheatstone, qui était au milieu de nous il y a peu de jours, et que nous croyions alors plein de vie, vient de mourir à Paris, après une courte maladie.

« Les membres de l'Académie, profondément affligés par ce triste événement, ont voulu adresser, sur notre terre de France, les suprêmes adieux à l'illustre savant anglais.

« Ce pieux devoir a été dignement rempli par deux de nos

confrères, qui étaient les amis de M. Wheatstone, et qui avaient toute autorité pour faire apprécier ses beaux travaux.

« M. Dumas, dont les soins affectueux ont adouci les derniers moments de l'illustre malade, a fait ressortir, avec une grande élévation de pensées, les découvertes extraordinaires du savant et les qualités de cœur du confrère éminent que nous perdons.

« M. Tresca nous a rappelé, dans des paroles éloquentes, les conséquences de toute nature qui découlent des travaux de M. Wheatstone sur le stéréoscope, sur la vitesse de l'électricité, sur la télégraphie électrique, en un mot toutes ces conquêtes scientifiques qui ont reçu des applications si utiles et qui assurent au physicien anglais un nom impérissable.

« L'Académie des sciences, rendant de pareils hommages à une des plus grandes illustrations scientifiques de l'Angleterre, comme elle l'aurait fait pour un de nos plus éminents compatriotes, est restée fidèle à toutes ses traditions; elle a donné à un peuple ami une nouvelle preuve de sa sympathie; elle a prouvé une fois de plus que la science n'a pas de nationalité, qu'elle est de tous les pays, et qu'à la mort d'un savant comme sir Charles Wheatstone, notre compagnie prend le deuil, comme la Société Royale de Londres. »

La télégraphie tout entière s'associera aux regrets de la science française, exprimés en termes si éloquents par ses représentants les plus autorisés. Les relations qui existaient depuis longtemps entre le service télégraphique et l'illustre inventeur avaient pris, dans ces dernières années, un caractère plus suivi, à l'occasion de l'installation de son télégraphe automatique sur la ligne de Paris à Marseille, et, la veille du jour où il a reçu les atteintes du mal auquel il devait succomber, il apportait à l'administration la primeur d'une invention nouvelle destinée à l'application du même appareil, sur la ligne sous-marine qui relie Alger à Marseille. Cette circonstance ajoute encore, s'il est possible, au sympathique souvenir que sir Charles Wheatstone laisse parmi nous, et que lui garderont fidèlement ceux des fonctionnaires qui, ayant eu l'honneur de l'approcher, ont pu apprécier, suivant l'expression de

M. Dumas, « la droiture de son caractère et le charme plein d'aménité de ses rapports personnels ».

Les journaux anglais annoncent que le corps de sir Charles Wheatstone a été inhumé à Londres dans le cimetière de Kensal-Green, le 27 octobre.

M. LÉON LEMASSON.

M. Lemasson, chef de station de 1re classe, dont les *Annales* ont fait connaître, au commencement de cette année même *, les premières recherches sur la construction des poteaux en fer, est décédé le 7 novembre, à la suite de cruelles souffrances.

Né à la Basse-Terre (Guadeloupe), le 27 avril 1834, Léon Lemasson avait été nommé, à la fin de 1855, surnuméraire stationnaire des lignes télégraphiques. Le zèle et l'intelligence éminemment pratique dont il fit preuve dans les fonctions qui lui furent successivement confiées, lui firent rapidement franchir les premiers degrés de la hiérarchie.

Lors du siége de Paris, il était attaché, avec le grade de chef de station de 2e classe, à l'inspection du matériel et des lignes de Paris. Ses fonctions le conduisirent plusieurs fois à remplir des missions qui n'étaient pas sans danger. Dans la journée du 17 janvier 1871, notamment, le fort d'Issy, violemment bombarbé, avait eu sa communication télégraphique coupée par un obus; Lemasson dirigea la réparation de ce dérangement exécutée sous le feu de l'ennemi. Cette opération fut jugée digne d'être mentionnée dans le rapport militaire du gouverneur de Paris : « La tenue des forts est toujours excellente, « dit ce rapport; une communication télégraphique interrom- « pue a été rétablie en quelques heures malgré le feu persis- « tant de l'ennemi **. »

* Même tome : *Note sur l'emploi du fer*, etc., par M. Morris, sous-inspecteur, page 23.

** *Journal officiel* du 18 janvier 1871.

M. Lemasson était accompagné de M. Colle, employé, qui s'était offert volontairement, et de MM. Tessier et Chaliaud, surveillants, qui montrèrent aussi beaucoup de dévouement et d'énergie.

Depuis quelque temps, Lemasson appliquait l'activité de son esprit à l'amélioration du matériel télégraphique. Après ses premiers essais, il avait présenté, entre autres, un poteau léger en fer creux, qui a subi avec succès des épreuves exécutées sur une grande échelle, et, plus récemment, un paratonnerre tubulaire, peu coûteux et d'une installation commode *.

C'est au moment où il se créait ainsi de nouveaux titres auprès de l'administration que la maladie est venue l'arrêter. Sa mort prive le service télégraphique d'un fonctionnaire d'avenir; d'une nature ardente qui se réflétait dans ses affections comme en toutes choses, il laissera de vifs regrets.

H. Demeaux.

M. MOUDURIER.

Nous avons le regret d'annoncer la mort de M. Moudurier, directeur des transmissions, qui, après de longues et cruelles souffrances, a succombé le 7 décembre dernier à une affection du cœur, dont les progrès rapides ne laissaient plus depuis quelques mois aucun espoir de guérison.

L'administration perd en lui un fonctionnaire des plus dévoués.

Né à Paris le 15 juillet 1827, Moudurier était entré dans le service télégraphique le 25 janvier 1853.

Il avait acquis, par sept années passées sous les drapeaux, ce sentiment absolu du devoir qu'il a conservé jusqu'à la fin de sa carrière. Son zèle et son activité ne tardèrent pas à le signaler à l'attention de l'administration qui, à l'époque de l'introduction du système Morse, lui confia le soin d'installer le nouvel appareil en province. Promu au grade de chef de station en 1860, il fut chargé de l'instruction pratique des surnuméraires au poste central, et dirigea ensuite plusieurs bureaux importants de Paris. Nommé directeur des transmis-

* *Annales télégraphiques*, t. I, 1874, p. 374 et suivantes.

sions en 1870, il était placé à la tête du bureau d'Évreux, dont il a contribué, par son énergie, à maintenir les communications pendant la guerre de 1870-1871.

Au mois de septembre dernier, quoique déjà très-souffrant et épuisé par la maladie, il a continué à assurer le service des transmissions, qui avait pris une importance exceptionnelle à l'occasion des manœuvres militaires, et il n'a consenti à cesser ses fonctions que le jour où les forces ont trahi son courage.

Il avait conquis à Évreux, par la droiture et l'aménité de son caractère, l'estime et la considération générales. Aussi la population, en assistant en foule aux obsèques de Moudurier, a-t-elle voulu donner à sa famille, si cruellement éprouvée, un précieux témoignage des sentiments de vive sympathie que cette mort prématurée excitait dans tous les cœurs.

VASSEUR.

TABLE DES MATIÈRES.

TOME IIe. — ANNÉE 1875.

Numéro de Janvier-Février.

Pages

De l'emploi du fer dans les constructions télégraphiques en France, par M. MORRIS. 5

Note sur la comparaison des isolateurs, par M. PAUTE-LAFAURIE. 38

Essais des isolateurs Brooks, par M. GAUGAIN. 48

Enregistreurs électriques des votes, à l'usage des Assemblées. 54

Les sinistres maritimes et les steamers télégraphiques : Naufrage du *la Plata*, par M. AYLMER. 78

Bureau télégraphique de la Bourse. 91

CHRONIQUE.

Le câble direct des États-Unis. 94

Compagnie du câble direct des États-Unis. 95

Compagnie du *Wester Union Telegraph*. 98

Modification à l'appareil HUGHES. 102

Académie des sciences. 102

NÉCROLOGIE.

M. G. DUVAL. 104

M. Abel GUYOT. 107

BULLETIN ADMINISTRATIF.

Organisation du service télégraphique en Cochinchine. . . 109

La télégraphie au Japon. 111

Numéro de Mars-Avril.

Revue des appareils élecrtiques employés dans l'exploitation des chemins de fer français, par M. AMIOT. 113

Observations sur les causes générales de destruction des poteaux en bois, par M. BOURSEUL. 131

Pages

Des grandeurs électriques et de leur mesure en unités absolues, par M. BLAVIER (suite) 149
Contrôle automatique de l'état de la ligne, par M. BERNIER. 189

CHRONIQUE.

Poteaux en fer 194
Enregistreurs électriques des votes 194
Manipulateurs à clavier 198
L'Anglo-American Telegraph Company 201
Le câble direct des États-Unis 206

NÉCROLOGIE.

Notice sur M. Abel GUYOT 206

BULLETIN ADMINISTRATIF.

La télégraphie au Brésil au commencement de 1875 209
Câble direct entre l'Italie et la Sardaigne 215
Personnel : promotions et mutations 219

Numéro de Mai-Juin.

Moyen d'améliorer le rendement de l'appareil Hughes, par M. CAËL 223
Le télégraphe pneumatique, par M. BONTEMPS 234
Des grandeurs électriques et de leur mesure en unités absolues, par M. BLAVIER (suite) 256
Sur les dérivations du courant le long des lignes électriques, par M. RAYNAUD (suite et fin) 274
Des courants d'induction qui se produisent sur les fils télégraphiques, par M. LAGARDE 285
Note sur les vibrations des récepteurs à miroir, par M. WUNSCHENDORFF 294

CHRONIQUE.

Télégraphie sous-marine : Angleterre, Cochinchine, Sénégal. 298
La télégraphie en Chine 299
Les télégraphes en Italie 302
Électro-aimant à tubes de fer concentriques de M. CAMACHO. 307
Sur une nouvelle source d'électricité 309
Le réélectomètre appliqué aux paratonnerres télégraphiques 310

Pages

Décomposition et conservation des bois. 314

NÉCROLOGIE.

M. KELSCH. 318

BULLETIN ADMINISTRATIF.

Conférence de Saint-Pétersbourg. 319
La télégraphie au Sénégal. 321
Statistique de la télégraphie dans la Cochinchine française et le Cambodge. 326

Numéro de Juillet-Août.

Application générale des fers à T à la construction des lignes télégraphiques, par M. DE LA TAILLE 327
Rôle du charbon de cornue dans les piles, par M. SAUVAGE. 345
Appareil autographique de M. LENOIR. 360
Nouveau système de télégraphie optique, par M. LÉARD. . 379
Note sur les isolateurs Brooks, par M. GAUGAIN. 383
Thermoscope métallique pour le contrôle des signaux de nuit, par M. HARDY. 385

CHRONIQUE.

Télégraphie sous-marine : Amérique du Sud, États-Unis, Nouvelle-Calédonie, Australie, Angleterre. 388
La télégraphie aux courses de Longchamps et aux courses anglaises. 389
La télégraphie en Chine. 390
Pile à faible résistance de M. CUCHE. 390
Vitesse d'aimantation et de désaimantation du fer, de la fonte et de l'acier. 391
Applications de l'électro-aimant Hughes. 393
L'extension des télégraphes. 397
Effets sur les liquides des courants à haute tension. 399

BIBLIOGRAPHIE.

Tables et règles pour calculer la tension des fils suspendus, par Robert SABINE, traduit de l'anglais par J. AYLMER. . . 402

BULLETIN ADMINISTRATIF.

Le service télégraphique pendant les inondations du midi. 411
La télégraphie au Cambodge. 413

Numéro de Septembre-Octobre.

Pages
Modification aux électro-aimants, par M. HÉQUET...... 423
Le télégraphe pneumatique, par M. BONTEMPS........ 432
Moyens d'augmenter le rendement des fils télégraphiques. . 452
Résistance d'un conducteur télégraphique traversé par des courants étrangers, par M. LAGARDE........... 466
Anémomètre enregistreur électrique de M. HARDY..... 471
Transmission automatique par l'appareil HUGHES — Description du système GIRARBON, par M. FRIBOURG...... 480
Compteur électrique des votes, par M. LALOY......... 487

CHRONIQUE.

Nouvelles diverses........................... 491
La télégraphie dans l'Empire russe.............. 493
Le câble direct des États-Unis.................. 494
La durée des câbles transatlantiques............. 498
Électro-aimant de M. DELEUIL................... 501
Rhéotome liquide à direction constante.......... 502
Le diagomètre de M. PALMIERI.................. 506
Notes d'un électricien........................ 507

NÉCROLOGIE.

Sir Charles Wheatstone........................ 508

BULLETIN ADMINISTRATIF.

Conférence de Saint-Pétersbourg................ 513
Légion d'honneur............................. 514
Promotions et mutations....................... 515

Numéro de Novembre-Décembre.

Notice sur la vie et les travaux de sir Charles WHEATSTONE, par M. MERCADIER......................... 519
Examen comparatif des piles usitées dans la télégraphie, par M. GAUGAIN............................. 533
Le télégraphe pneumatique...................... 545
L'anémomètre électrique du Puy, par M. GILLET....... 555
Rapport de sir William THOMSON sur les essais du câble direct des États-Unis....................... 561

Pages

Recherches sur l'étincelle d'induction et les électro-aimants; application aux chronographes électriques, par M. Marcel DEPREZ. 574
Modifications apportées aux électro-aimants, par M. HÉQUET. 579

CHRONIQUE.

Télégraphie sous-marine. 581
Service télégraphique de la Cochinchine. 582
Service télégraphique de la Nouvelle-Calédonie. 583
Tremblements de terre à la Martinique. 585
Formation de la grêle. 587
Les nébuleuses spirales. 589
Conductibilité des corps médiocrement conducteurs. 590
Le Gallium. 592
Association britannique pour l'avancement des sciences. (Extraits du discours du président.). 596
Pile au chlorure d'argent de 3.240 éléments. 601
Tube spectro-électrique. 601
Électro-aimant à noyau prismatique. 602

NÉCROLOGIE.

Sir Charles WHEATSTONE. 604
M. Léon LEMASSON. 610
M. MOUDURIER. 611

TABLE DES MATIÈRES DU TOME II. 613

TABLE ALPHABÉTIQUE ET SIGNALÉTIQUE. 619

TABLE ALPHABÉTIQUE ET SIGNALÉTIQUE

DES MATIÈRES.

TOME II. — ANNÉE 1875.

A

Alba, 102.
Ailhaud, 198, 319, 491.
Aimantation et désaimantation de l'acier, 391.
Amiot, revue des appareils électriques employés dans l'exploitation des chemins de fer français, 113.
Anémomètre enregistreur électrique de M. Hardy, 471, 554.
Anglo-American Telegraph Company, 201.
Appareil Hughes, moyen d'améliorer son rendement, 423.
Appareils électriques pour l'exploitation des chemins de fer, 113; pour signaler la marche des trains, 123; autographique de Lenoir, 360.
Association britannique pour l'avancement des sciences, discours sur la télégraphie, 396.
Autographique (appareil) de M. Lenoir, 360.
Aylmer, naufrage du *la Plata*, 78; tables pour la détermination de la tension des fils, 402.

B

Becker, 298.
Belz, article nécrologique sur M. Duval, 104.
Bergon, 350.
Bernier, contrôle automatique de l'état de la ligne, 189.
Bibliographie, tables pour faciliter la détermination de la tension sur les lignes télégraphiques, 402.
Blavier, des grandeurs électriques et de leur mesure en unités absolues, 149, 236.
Boîtes de coupure, 33.
Bontemps, la télégraphie pneumatique, 234, 432, 545.
Bourseul, observations sur les causes générales de destruction des poteaux en bois, 131.
Bréguet, 350.
Brésil, télégraphie électrique au Brésil, 209.
Brooks, isolateurs Brooks, 48, 383.
Bureau télégraphique de la Bourse, 91.

C

Cable direct des États-Unis, 94, 95, 206, 388, 494, 561, 581; du Brésil, 212; direct entre l'Italie et la Sardaigne, 215; de l'Amérique du Sud, 388; essais sur le câble direct des Etats-Unis, 561; durée des câbles transatlantiques, 498
Cael, moyen d'augmenter le rendement de l'appareil Hughes, 223.
Calédonie (service télégraphique dans la Nouvelle-), 583.
Camacho, électro-aimant à tubes de fer concentriques, 307.
Cambodge (télégraphie au), 413.
Charbon de cornue pour les piles, 345.
Chronoscopes électriques, 574.
Clérac, enregistrement électrique des votes, 54,
Cochinchine (service en), 582.
Collisions (les) en mer et les steamers télégraphiques, 85.
Compagnie du Western Union Telegraph, 98.
Comparaison des isolateurs, 58.
Compteurs électriques des votes à l'usage des assemblées, 54, 194, 481.
Condensateurs-étalons, 169.
Conductibilité des corps médiocrement conducteurs, 590.

CONFÉRENCE télégraphique de Saint-Pétersbourg, 319, 513.
CONSERVATION et destruction des bois, 314.
CONTROLE automatique de l'état des lignes, 189.
CONTROLE du service de nuit sur les chemins de fer, 128.
COURANTS d'induction sur les fils télégraphiques, 185.
CUCHE, pile à faible résistance, 390.
CULLEY, 402.

D

D'AMICO, 319.
DELACHANAL, 681.
DELEUIL, électro-aimant, 501.
DEMARS, télégraphie au Cambodge, 413.
DEMEAUX, notice nécrologique sur M. Lemasson, 610.
DENSITÉ électrique, 179.
DEPREZ (Marcel), vitesse d'aimantation du fer, de la fonte et de l'acier, 391; recherches sur l'étincelle d'induction et les électro-aimants; application aux chronographes électriques, 574.
DÉRANGEMENTS sur les tubes pneumatiques, 442.
DÉRIVATIONS du courant le long des lignes électriques, 274.
DESGOFFE, poteaux en fer, 10, 11, 31.
DESMARRES, 351.
DÉRIVATION des poteaux en bois (causes de), 121.
DIAGOMÈTRE de M. Palmieri, 506.
DISQUES de chemins de fer à arrêt permanent, 116.
DUCOTÉ, 319.
DUMAS, discours prononcé aux obsèques de sir Charles Wheatstone, 508.
DUVAL, nécrologie, 104.

E

ÉBEL, 561.
EFFETS sur les liquides des courants à haute tension, 399.
ÉLECTRICIEN (note d'un), 507.
ÉLECTRO-AIMANT à tubes de fer concentriques, 507; Hughes, applications, 393; modification aux électro-aimants, 423, 579; de Deleuil, 501; à noyau prismatique, 602.
ÉLECTROMÈTRES, 149; à quadrant de M. Thomson, 152; absolu, 157; de M. Lippmann, 164.
ÉNERGIE électrique, 256.
ENREGISTREUR électrique, 54; des votes à l'usage des assemblées, 194, 487.
ESSAIS du câble direct des États-Unis, 561.
ÉTINCELLE d'induction et électro-aimants appliqués aux chronographes électriques, 574.

F

FERRAY, 357.
FOREST, 120.
FORCE électro-motrice (mesure de la), 533.
FRÉMY, paroles prononcées à l'Académie des sciences à l'occasion de le mort de sir Charles Wheatstone, 608.
FRIBOURG, transmission automatique par l'appareil Hughes, système Girarbon, 480.

G

GALLIUM (le), 592.
GAUGAIN, 40, 103; essais des isolateurs Brooks, 48, 383; examen comparatif des piles usitées dans la télégraphie, 533.
GAVEY, 561.
GILLET, l'anémomètre électrique de M. Hardy au Puy, 555.
GIRARBON, système de transmission automatique par l'appareil Hughes, 480.
GOUDRON de houille, emploi pour la conservation des bois, 142.
GRANDEURS électriques et leur mesure en unités absolues, 149, 256.
GUICHENOT, enregistreur électrique des votes, 55.
GUYOT (Abel), nécrologie, 107, 206.

H

HARDY, thermoscope métallique pour le contrôle des signaux de nuit, 385; description d'un anémomètre enregistreur électrique, 471, 555.
HAWKSHAW (sir John), discours à l'association britannique, 596.
HÉQUET, modification aux électro-aimants, 423, 579.
HUGHES, modification à l'appareil, 102.

I

INDICATEURS pour la marche des trains, 127.

J

JACQUIN, Enregistreur électrique des votes, 63.
JOUSSELIN, 127, 194.

K

KELSCH, Article nécrologique sur M. Kelsch, 318.

L

LAGARDE, Des courants d'induction qui se produisent sur les fils télégraphiques, 285; moyen d'obtenir la résistance d'un conducteur télégraphique traversé par un courant étranger, 466.

LALOY, Compteur électrique des votes, 487.
LARTIGUES, appareils pour les chemins de fer, 120, 124.
LÉARD, nouveau système de télégraphie optique, 379.
LECOCQ DE BOISBAUDRAN, Le gallium, 592.
LÉGION d'honneur (promotions dans la), 514.
LÉLÉGARD, Poteaux en fer, 11.
LEMASSON, Poteaux en fer, 33 ; article nécrologique sur M. Lemasson, 610.
LENOIR (appareil autographique de M.), 360.
LIPPMANN, Électromètre, 164.
LOIR, Poteaux en fer, 18, 33, 36.
LUDERS (DE), 319.

M

MANDROUX, 102.
MANIPULATEURS automatiques à clavier, 198.
MARIÉ-DAVY, 350.
MARTIN DE BRETTES, Enregistreur électrique des votes, 197.
MAUMENÉ, 310.
MELSENS, parafoudres, 310.
MERCADIER, Notice sur la vie et les travaux de sir Charles Wheatstone, 519.
MERMET, 601.
MÉRULE (LE), 137.
MIRIO et GLACHANT, 35.
MONCEL (DU), 102, 347; conductibilité électrique des corps médiocrement conducteurs, 591.
MORIN, Enregistreur électrique des votes, 195.
MORRIS, Note sur l'emploi du fer dans les constructions télégraphiques en France, 5.
MOUDURIER (notice nécrologique sur M.), 611.
MULLER, 601.

N

NAUFRAGE du *la Plata*, 78.
NÉBULEUSES-spirales, 589.
NÉCROLOGIE, Duval, 104; Abel Guyot, 107, 206; Kelsch, 318; sir Charles Wheatstone, 508, 604; Lemasson, 610; Moudurier, 611.

O

OPPERMANN, Poteaux en fer, 14, 25.
ORTON, Rapport à la compagnie du Western Union Telegraph, 98.

P

PALMIÉRI, Diagomètre, 506.
PAPIN, Poteaux en fer, 13.
PARVILLE (DE), Formation de la grêle, 587 ; nébuleuses-spirales, 589; le gallium, 594; pile au chlorure d'argent, 601 ; tube spectro-électrique, 601 ; pile au chlorure d'argent de 3.240 éléments, 601.
PAULET, Décomposition et conservation des bois, 314.
PAUTE-LAFAURIE, Note sur la comparaison des isolateurs, 38.
PERRIN, 309, 561.
PERSONNEL, Nominations et mutations, 219, 515.
PLATA (naufrage du la), 78.
PLANTÉ, Effets sur les liquides des courants à haute tension, 399; diminution de courant dans le voltamètre, 504 ; formation de la grêle, 587; les nébuleuses-spirales, 589.
POTEAUX en fer, 5, 194; en fonte, 6; en fonte et fer, 7; en tôle, 9; en fers à T, 14; en fers Zorès, 18; en fers cornières, 22 ; d'exhaussement, 26 ; d'angle, 27 ; mixte, 30 ; de raccordement et de coupure, 30; application des fers à T, 327.
POTELETS métalliques, 35, 340.
POTENTIEL électrique (mesure du) 174 , des piles voltaïques, 264.
POURRITURE des poteaux en bois (causes de la), 131.
PRESSION électrique, 183.
PRIOUL, article nécrologique sur M. Abel Guyot, 206.

R

RAYNAUD, dérivations du courant le long des lignes électriques, 274 ; moyens d'augmenter le rendement des fils télégraphiques, 452.
RÉÉLECTOMÈTRE, Applications aux paratonnerres et parafoudres des télégraphes, 310.
RELAIS de décharge, 458.
RENDEMENT des fils télégraphiques desservis par des appareils écrivant (moyen d'augmenter le), 452.
RENOIR, 480.
RÉSISTANCE d'un conducteur télégraphique traversé par un courant étranger, 466.
RHÉOTOME liquide à direction constante, 502.
RIVET, Tremblement de terre à la Martinique, 585.
ROUGET, 102.

S

SABINE, 402.
SAIGEY, 54.

SAUVAGE, Rôle du charbon de cornue dans les piles, 345.
SERVICE télégraphique pendant les inondations du Midi, 411.
SIEMENS, 198, 448; câble direct des Etats-Unis, 561.
SIEUR, 491.
SIFFLET automoteur de locomotives de MM. Lartigues et Forest, 120.
SIGNAUX acoustiques, 439.
SINISTRES maritimes (les) et les steamers télégraphiques, 78.
SOMMATI, Electro-aimant à noyau prismatique, 602.
SOURCE nouvelle d'électricité, 309.

T

TAILLE (DE LA), Poteaux en fer, 17; application générale des fers en T à la construction des lignes télégraphiques, 327.
TÉLÉGRAPHIE double sans condensateurs, 490.
TÉLÉGRAPHIE électrique au Brésil, 209; en Chine, 297, 492; en Italie, 362; au Sénégal, 321; en Cochinchine, 324, 491, 582; en Australie, 388; en Angleterre, 389; aux courses de Longchamps, 389; aux courses anglaises, 389; en Chine, 390; au Cambodge, 413; à la Nouvelle-Calédonie, 492, 582; dans l'Amérique du Sud, 492; dans l'Empire russe, 495.
TÉLÉGRAPHIE optique, nouveau système, 379.
TÉLÉGRAPHIE pneumatique, 234, 432, 545.
TÉLÉGRAPHIE sous-marine, 298, 581.
TERRAL, 102.
TESSE, Appareils électriques pour les chemins de fer, 124.
THERMOSCOPE métallique pour le contrôle des signaux de nuit, 385.
THOMSON, 103, 152, 157; rapport sur l'état du câble direct des Etats-Unis, 561.
TIMASCHEFF (général), 319.
TOMASSI, 309.
TRANSMISSION automatique par l'appareil Hughes, 480.
TREMBLEMENT de terre à la Martinique, effets électriques, 585.
TRESCA, Discours prononcé aux obsèques de sir Charles Wheatstone, 604.
TUBE spectro-électrique, 601.
TURBINES pour la télégraphie pneumatique, 251.

U

UTILISATION de l'air comprimé pour le transport des dépêches, 432.

V

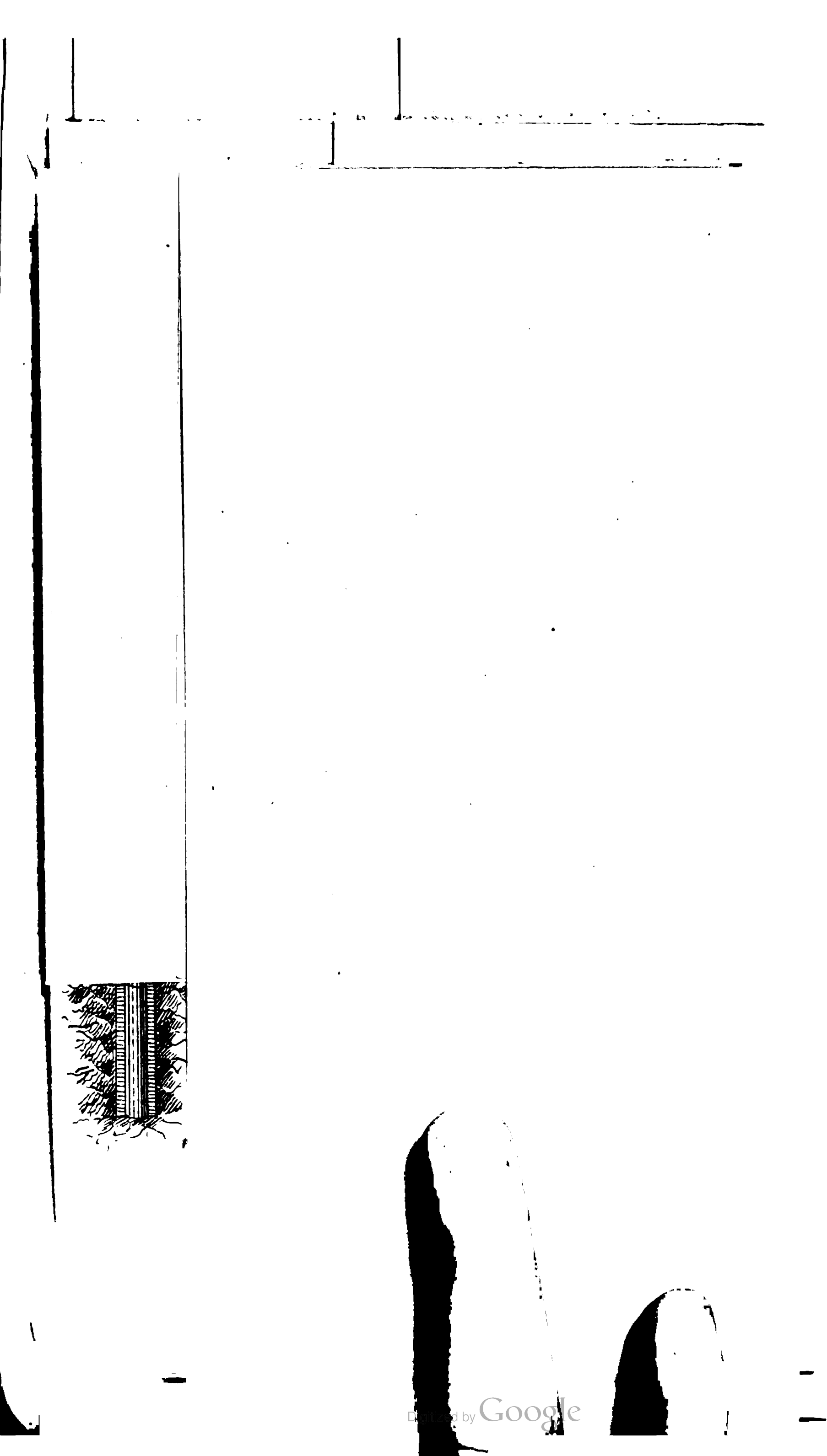
VASSEUR, Article nécrologique sur M. Moudurier, 611.
VIBRATION des récepteurs à miroir, 294.
VITESSE d'aimantation du fer, de la fonte et de l'acier, 391.

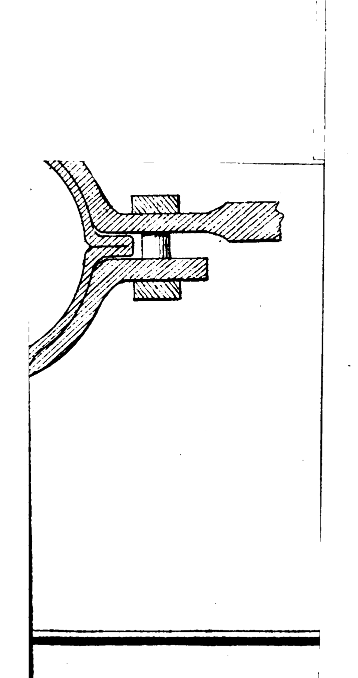
W

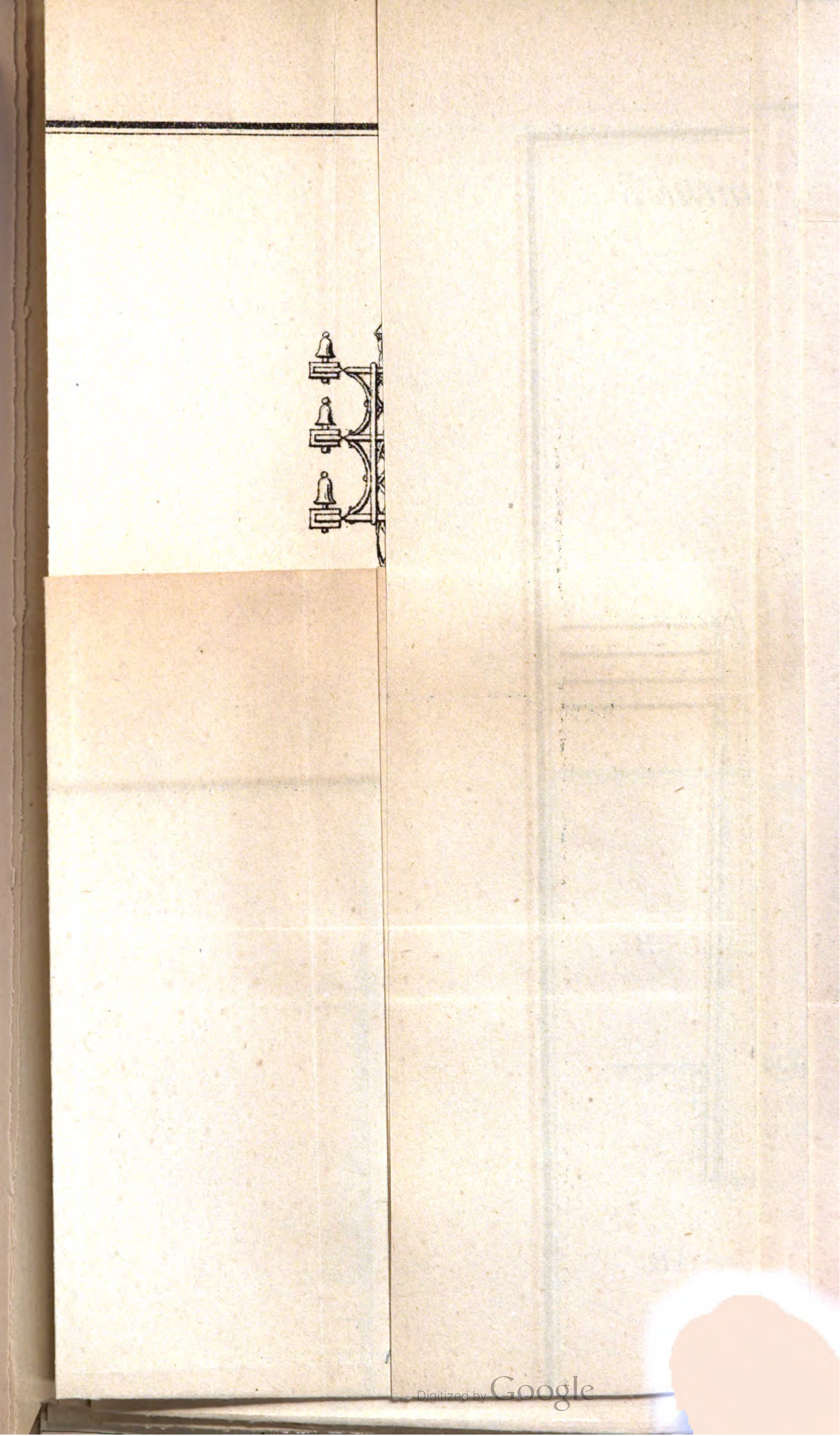
WALCKER, 439.
WARREN DE LA RUE, 601.
WHEATSTONE, Articles nécrologiques sur M. Wheatstone, 508, 604; notice sur les travaux de sir Charles Wheatstone, 519.
WUNSCHENDORFF, Note sur les vibrations des récepteurs à miroir, 294.
WURTZ, 592.

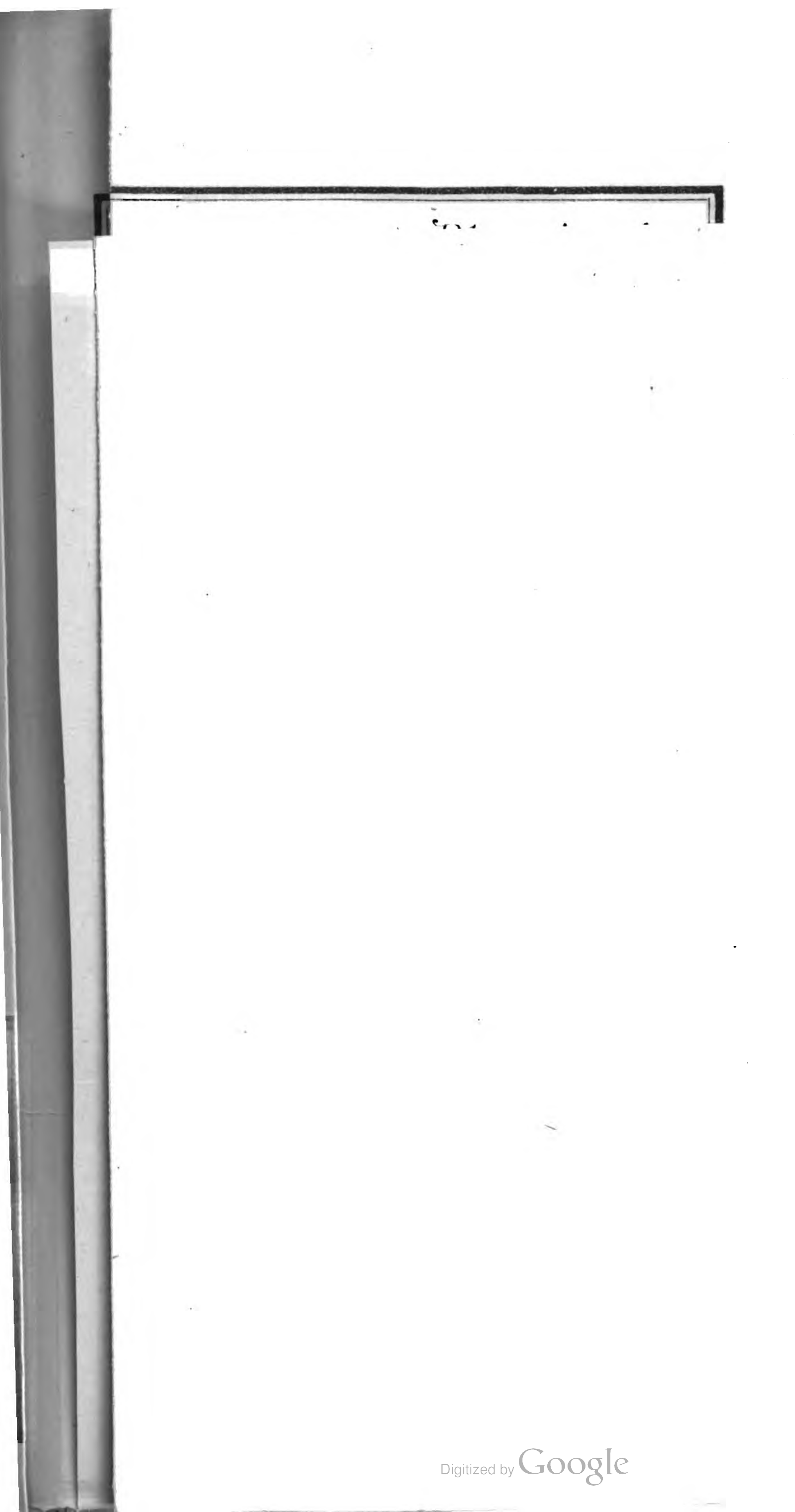
FIN DES TABLES.

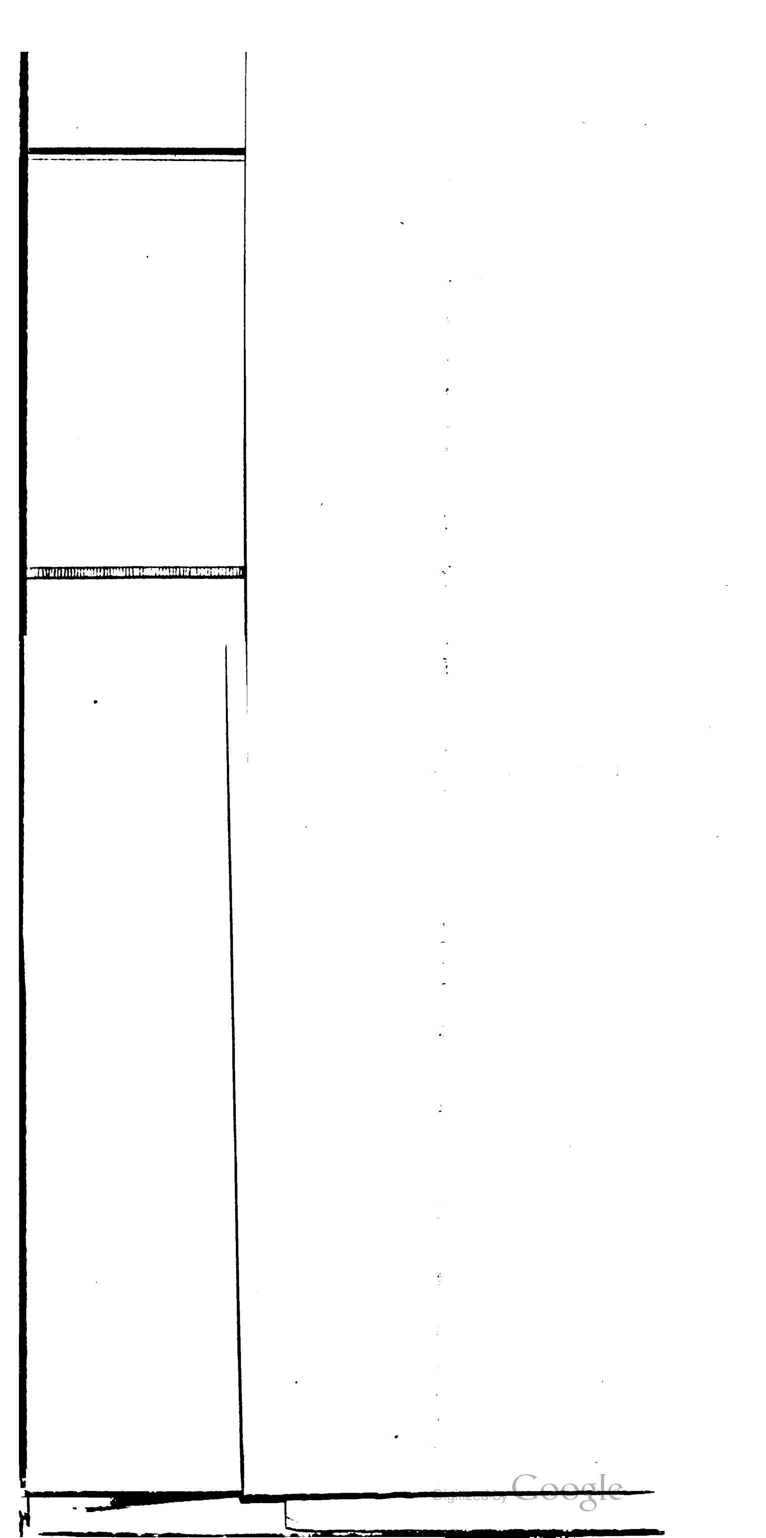
Le Gérant : DUNOD. — Imprimerie Arnous de Rivière et Cᵉ, 26, rue Racine.

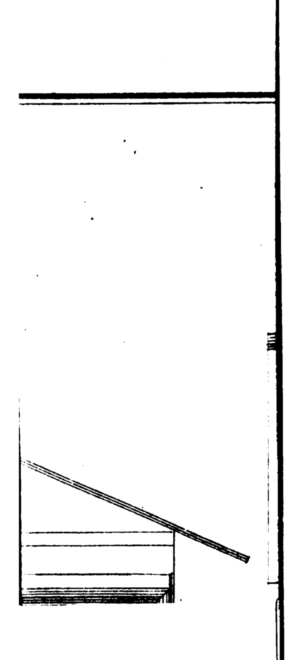














LES CHEMIN

F

E

E'

Fig. 11

P

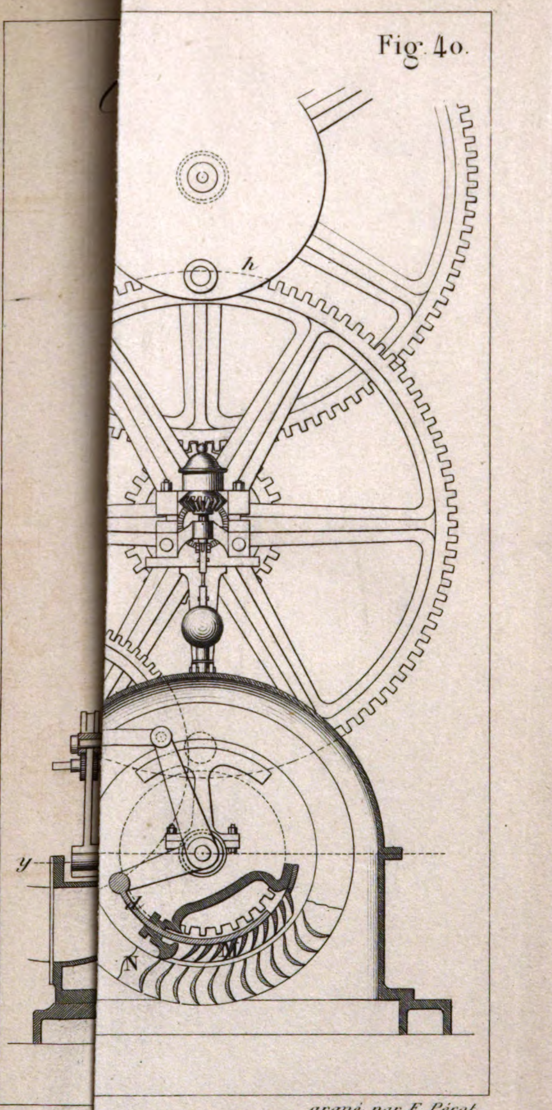
r

r'

λ

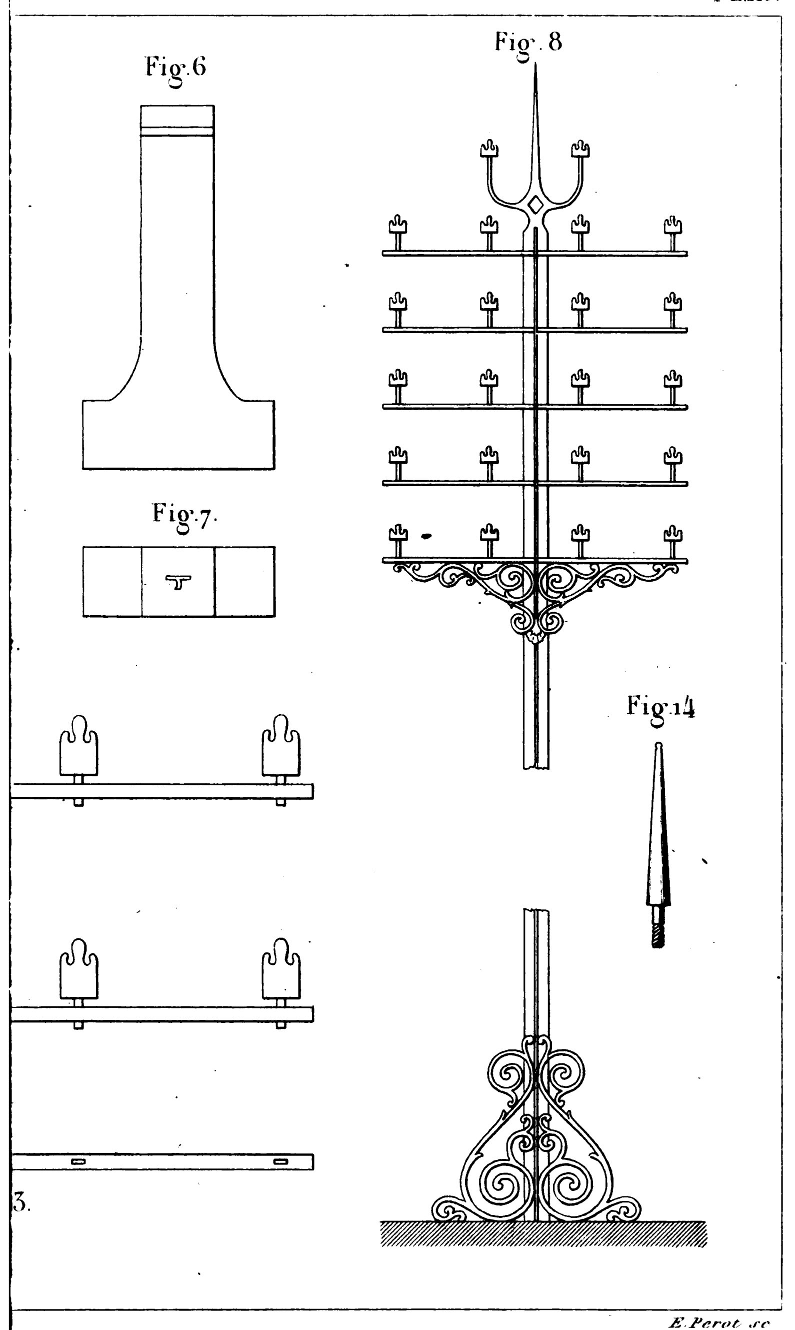
ϖ

λ

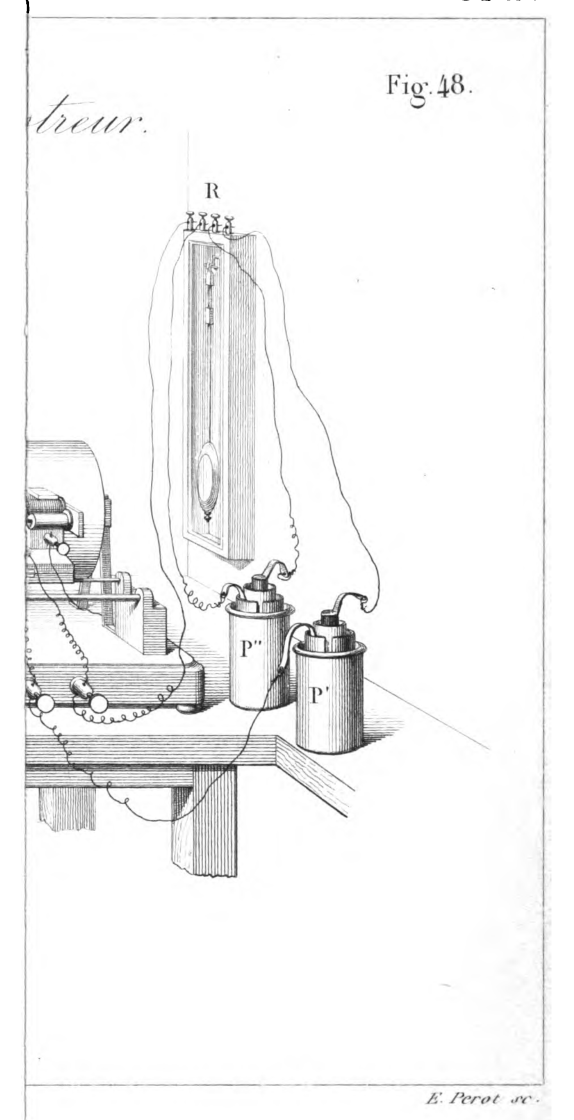


Annales gravé par E. Pérot.

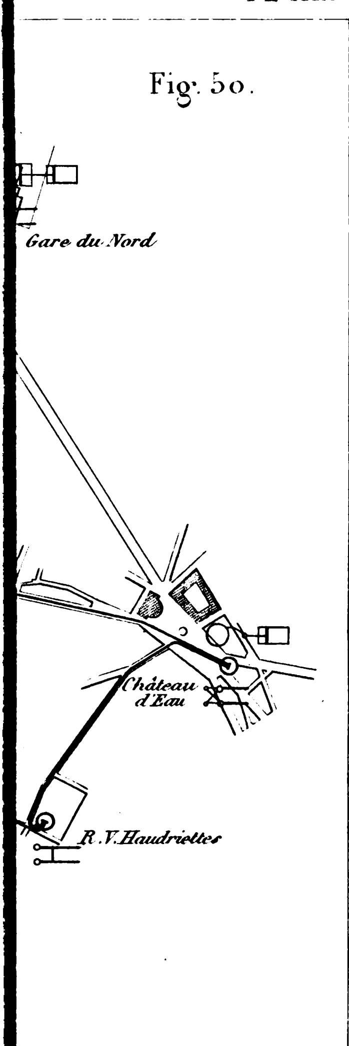
3.



E. Perot sc.



E. Perot sc.



Gravé par E. Perot



RÉSEA

Fig. 53.

Marché

ette

Belleville

l'Eau

Bd Voltaire

Lyon

Trône

Bercy

Gravé par E. Perot

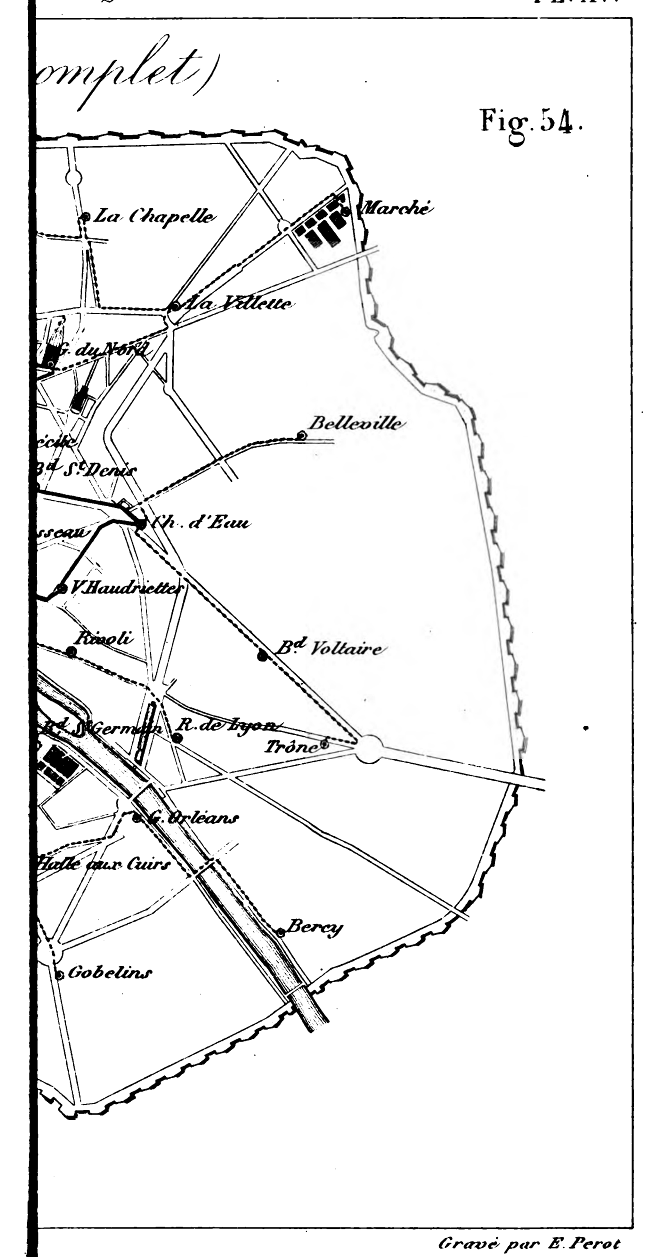
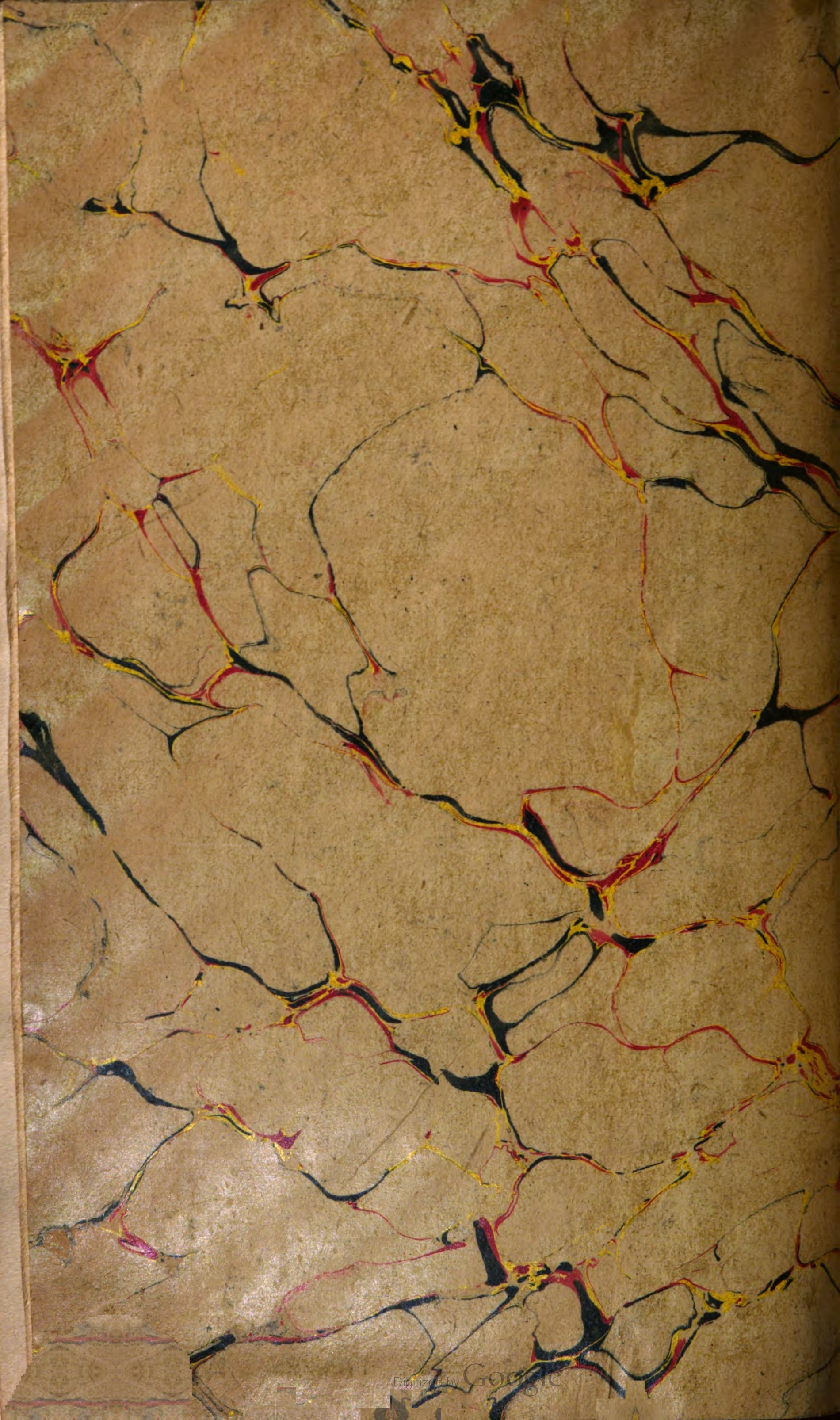
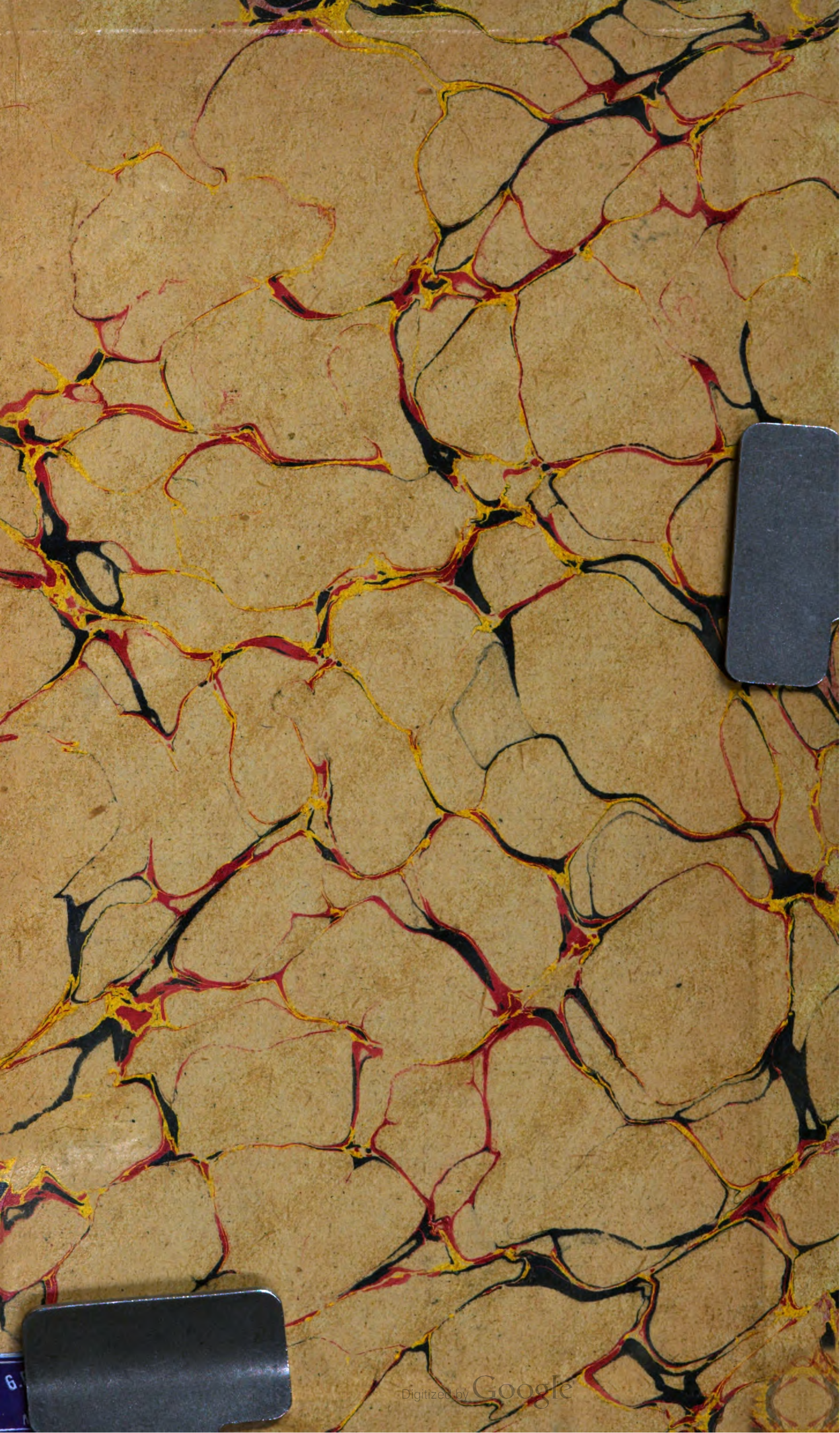


Fig. 54.

Gravé par E. Perot






UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 111811904